

VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

# VTEI / 2021 / 4

4 / Sucho v povodí horní Metujé v letech 2014–2019

38 / Šedá vodní stopa znečištění vypouštěného z čistíren odpadních vod v ČR evidovaných ve vodní bilanci v období 2002–2018 – datová sada

46 / Výchova vodohospodářů v Čechách (a na Moravě)



# Obsah



## 3 Úvod

### 4 Sucho v povodí horní Metuje v letech 2014–2019

Jan Kašpárek

### 18 Analýza vývoje zemědělské krajiny ve vybraných katastrálních územích v horní části povodí Výrovky

Pavel Richter

### 28 Terénní testování prototypu separátoru k dočištění srážkových vod

Jana Čejková, Anna Kólová, Jiří Kučera, Miroslav Váňa, Marek Holba, Pavel Polášek



### 36 Podpora otevřených dat, sdílení dat a datové články

Libor Ansorge

### 38 Šedá vodní stopa znečištění vypouštěného z čistíren odpadních vod v ČR evidovaných ve vodní bilanci v období 2002–2018 – datová sada

Libor Ansorge, Lada Stejskalová, Jiří Dlabal



## 45 Autoři

### 46 Výchova vodohospodářů v Čechách (a na Moravě)

Josef Nistler

### 48 HEIS VÚV: 25 let vývoje a provozu informačního systému

Jiří Pícek, Petr Vyskoč, Silvie Semerádová, Jiří Dlabal, Pavel Richter, Martina Dubská



### 55 Hodnocení odpovědného hospodaření s vodou u průmyslových podniků

Tereza Davidová, Lukáš Záruba



## Vážení čtenáři,

opět jsme se přehoupli ze zimy přímo doprostřed léta. Jaro bylo tak krátké, že jsme si ho ani nestačili všimnout, natož pak pořádně užít. Ještě v květnu byla zima a přízemní mrazíky, ovocnáři sice s překvapením zjistili, že úroda příliš poškozena nebude, ale začali očekávat sucho, krupobití a další katastrofy. Třicetistupňová horka na začátku června jim však možná dávají za pravdu. Mizející jaro a podzim, mírné zimy a horká léta jsou jasné indikátory klimatické změny. Rok 2020 byl srážkově nadnormální a o 12 % přesahoval normál let 1981–2010. Ve srovnání se stejným obdobím byla průměrná teplota 1,2 °C nad dlouhodobým průměrem, kdy – kromě května a s odřenými ušima i července – přesahovala dlouhodobé průměrné teplotní hodnoty. I to byl důvod, proč ani nadnormální srážky nestačily doplnit zásoby podzemních vod ve všech částech naší republiky. Je těžko odhadnout, co s námi příroda do budoucna zamýšlí, musíme tak být rádi za velmi vodný minulý rok a z pohledu srážek za dobře zahájený i rok stávající. Šťěstí přeje připraveným, nesmíme tedy ustat ani v přípravě na oba extrémy, tj. sucho a povodně, kterým se určitě nevyhneme.

Je lidskou přirozeností negativní zážitky vytěšňovat a pamatovat si jen to hezké. Kvůli koronaviru jsme prakticky vymazali z paměti posledního jeden a půl roku a do budoucna máme spíše pozitivní náhled. Poctivě jsme se nechávali očkovat a užívali jsme si postupné uvolňování restrikcí. Ve všech těch radostech jsme si ani nestačili všimnout, že 5. června byl Mezinárodní den životního prostředí, který spolu s Mezinárodním dnem vody 22. března a zahájením hydrologického roku 1. listopadu patří mezi nejdůležitější dny pro nás všechny, kdo mají co do činění s vodním hospodářstvím. Smyslem těchto dní není zamyslet se nad životním prostředím pouze v ten daný den, ale upozornit na nadnárodní cíle, jež bychom si měli osvojit podle našich lokálních možností a potřeb, vzít je za své a trvale změnit naše vlastní chování, ať již soukromé, nebo pracovní. Doufám, že i toto číslo VTEI vám pomůže ke stanovení cílů, které vyhlášení Mezinárodního dne životního prostředí očekávalo.



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

# Sucho v povodí horní Metuje v letech 2014–2019

JAN KAŠPÁREK

**Klíčová slova:** hydrologické sucho – hydrologická bilance – polická křídová pánev

## SOUHRN

V letech 2014–2019 bylo na území České republiky historické sucho. Oddělení hydrologie a hydrogeologie Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka provádí dlouhodobá hydrologická a hydrogeologická pozorování v povodí horní Metuje, kde se toto sucho výrazně projevilo. Horní část povodí řeky Metuje se nachází v geologickém útvaru polická křídová pánev (dále jen polická pánev). Díky málo propustnému podloží a velké mocnosti křídových pískovců je zde velká zásoba kvalitní podzemní vody, která je odebírána pro vodárenské zásobování mnoha obcí a měst ve východních Čechách. Sledované povodí je uzavřeno vodoměrnou stanicí na řece Metuji, ve městě Teplice nad Metují (M XII). Stanice je umístěna na vodním toku v malé vzdálenosti pod skalským zlomem. Struktura skalského zlomu je pro proudění podzemní vody nepropustná a zlom příčně protíná celý rozsah polické pánve. Na skalském zlomu a nad ním jsou vydatné prameny a je zde přímá dotace podzemní vodou do řeky, takže k profilu vodoměrné stanice je povodí pro hydrologickou bilanci uzavřené. Tato uzavřenost povodí umožňuje relativně přesné rozdělení vody srážkové na výpar, povrchový odtok a podzemní odtok. Ve středu povodí horní Metuje je provozována meteorologická stanice Bučnice, dále tu probíhá měření hladiny podzemní vody hlubokých kolektorů a mělkého kolektoru pozorovacími vrty a pozorování doplňkových vodoměrných stanic na Metuji a na Zdoňovském potoce.

Pro rozbor problému sucha byla řešena hydrologická bilance povodí. Dostupná data od roku 1970 do roku 2019 byla zkontrolována, zpřesněna a zpracována modelem Bilan. Vstupy modelu jsou řady atmosférických srážek (P) a teplot vzduchu (T). Parametry modelu jsou kalibrovány na shodu průběhu celkového měřeného odtoku z povodí (R) a modelovaného odtoku (RM). Výstupem modelu je modelovaný odtok z povodí (RM), výpar (ET), dotace podzemní vody a základní odtok (BF). Bilan dále počítá potenciální evapotranspiraci (PET) a zásobu podzemní vody (GS).

Teplota vzduchu měřená na klimatické stanici Bučnice má za dobu pozorování trvalý stoupající trend 0,04 °C/rok. Ke zjištění podílu tohoto oteplování na suchém období 2014–2019 a také k určení celkového vlivu na odtok z povodí byly programem Bilan modelovány hydrologické poměry v povodí i pro variantu bez tohoto oteplování.

Výsledkem bylo zjištění primární příčiny sucha – tou byl pokles atmosférických srážek oproti průměru o 8,6 mm/měsíc a odpovídající pokles odtoku. V modelové variantě bez dlouhodobého oteplení byl nižší výpar o 4 mm/měsíc a o tuto hodnotu by byl menší také pokles odtoku. V celkové hydrologické bilanci má dlouhodobé oteplování vzduchu přímý vliv na růst výparu, jehož následkem je pokles celkového i základního odtoku. Dlouhodobý pokles odtoku na závěrném profilu M XII má trend 2 l/s/rok.

# Drought in the Upper Metuje Basin in 2014–2019

JAN KAŠPÁREK

**Key words:** hydrological drought – hydrological balance – Police Cretaceous basin

## ABSTRACT

In the years 2014–2019, there was a historic drought in the Czech Republic. The Department of Hydrology and Hydrogeology of the T. G. Masaryk Water Research Institute has been carrying out long-term hydrological and hydrogeological observations in the upper Metuje basin where this drought manifested itself significantly. The upper part of the catchment area of the Metuje River is located in the Police Cretaceous basin geological formation. Due to subsoil with low permeability and great thickness of Cretaceous sandstones, there is a large storage of quality groundwater, which is used for water supply to numerous municipalities and towns in Eastern Bohemia. The monitored catchment area is closed by a water gauging station on the Metuje River in the town of Teplice nad Metují (M XII). The station is located on the river in a small distance below the Skalský fault. The structure of the Skalský fault is impermeable to groundwater flow and the fault transversely intersects the whole Police basin. There are abundant springs above and at the Skalský fault and groundwater is directly recharged into the river there. Up to the profile of the water gauging station the river basin is thus hydrologically closed. This feature of the catchment area allows a relatively precise division of precipitation into evaporation, surface runoff and groundwater runoff. The Bučnice meteorological station is operated in the centre of the upper Metuje basin. Groundwater levels of deep aquifers and one shallow aquifer are measured by observation wells there. Additional water gauging stations operate on the Metuje River and on the Zdoňovský Creek.

To analyse the issue of drought, hydrological balance of the river basin was used. Available data from 1970 to 2019 were checked, specified and used as an input into the Bilan model. The input into the model consisted of series of atmospheric precipitation (P) and air temperatures (T). Parameters of the model were calibrated to match the values of series of total measured runoff (R) and modelled runoff (RM). Outputs of the model include modelled runoff from the river basin, evaporation (ET), groundwater recharge and base flow (BF). The Bilan model also calculates potential evapotranspiration (PET) and groundwater storage (GS).

Air temperature measured at the Bučnice meteorological station has a continuous upward trend over the observation period (a gradient of 0.04°C/year). In order to determine the contribution of warming to the drought of 2014–2019 and its overall impact on runoff from the basin, hydrological conditions in the basin have been modelled by the Bilan programme also for a variant without this warming.

This has resulted in determining the primary cause of the drought, namely a decrease in atmospheric precipitation by 8.6 mm/month in comparison with the average, and a corresponding decrease in runoff. In the modelled variant

## ÚVOD

V letech 2014–2019 zasáhlo území střední Evropy historické sucho. Bezprostřední příčinou sucha byly opakující se dlouhodobé nezvyklé cirkulační podmínky, které bránily postupu frontálních systémů do střední Evropy. Zda je tato změna proudění ojedinělou anomálií, periodou pravidelného cyklu, nebo následkem změn klimatu, bude možné věrohodně posoudit až zpětně. V tomto příspěvku bude upřesněn podíl dvou hlavních příčin sucha – nižších atmosférických srážek a zvýšené teploty vzduchu.

VÚV TGM provádí dlouhodobá a nepřetržitá pozorování klimatických, hydrologických a hydrogeologických parametrů v povodí horní Metuje, data získaná z těchto pozorování byla použita k analýze problematiky sucha v daném regionu.

## HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY POVODÍ HORNÍ METUJE

Schematická situace horního povodí Metuje je na *obr. 1*. Sledované území je povodí horní Metuje po polohu vodoměrné stanice označované M XII na jižním okraji města Teplice nad Metují. Toto povodí leží v horní části polické pánve, která je tvořena geologickými útvary křídly a triasu. Plošná rozloha polické pánve je větší než morfologická plocha povodí Metuje. Druhým významným tokem je na severozápadě Dřevíč.

Křídové a triasové sedimenty velké mocnosti (v centrální části přes 500 m) leží na permo-karbonské vnitosudetské (dolnoslezské) pánvi. Toto málo propustné podloží spolu s brachysynklinální (miskovitě prohnutou) polohou uložení pánve umožňuje akumulaci velkého objemu podzemní vody v křídovém a triasovém útvaru. Krásný [6] oblast horního povodí Metuje po skalský zlom popisuje jako „severní zvodněný systém“ polické pánve se samostatným oběhem podzemních vod.

Atmosférické srážky dotují zásobu podzemní vody v celé ploše pánve [1]. Proudění podzemní vody po překonání provzdušněného horninového prostředí (zóna aerace) je dále komplikované. Propustnost jednotlivých vrstev sedimentů je rozdílná, jsou zde ověřeny dobře propustné vrstvy a vrstvy izolační. Těleso křídového útvaru je tektonicky značně rozrušeno a tyto poruchy a pukliny mohou být podle druhu výplně propustné, nebo izolační. Hynie [2] uvádí možný izolační vliv ve vyšší poloze a drenážní v hloubce i na struktuře jedné poruchy. Také lze z brachysynklinálního prohnutí pánve předpokládat poruchy k povrchu převážně stlačené a k podloží rozevřené.

V tomto prostorově členitém prostředí lze definovat dva významné samostatné kolektory – kolektor kvádrových pískovců D a kolektor pískovců cenomanu A. Méně významný je kolektor ve vrstvách turonu (C), významný izolátor jsou slínovce spodního turonu.

V cenomanských pískovcích, které jsou částečně překryty sedimenty turonu, je kolektor A. Ten se dále dělí na výše položený kolektor A2 (rohovcové vrstvy) a na u báze křídového útvaru ležící kolektor A1, jenž je spojitý s podložním kolektorem triasu T. Tento spodní kolektor A1/T má velmi dobrou propustnost a odvádí většinu, možná všechnu podzemní vodu z kolektoru A k vývěrům v Teplicích, nad a u skalského zlomu (tzv. teplický výronový okrsek). Skalský zlom je pro proudění podzemní vody nepropustný, vzdouvá její hladinu a rozděluje polickou pánev na dva hydrogeologicky takřka samostatné celky.

V kvádrových pískovcích Adršpašsko-teplických skal (coniacko-teplické souvrství) se nachází prostorově členitá zvoď kolektoru D. Tento kolektor je od níže položeného kolektoru C izolován málo propustnými slínovci, a tak podzemní voda odtéká četnými prameny na erozní úrovni toků, které se do této slínovcové vrstvy zahloubily. Ve skalních městech je mnoho drobných pramenů, na severovýchodním okraji skal jsou v údolí Metuje čtyři vydatné prameny. Jižní oblast skalního města je odvodňována do Skalního potoka, vydatnější prameny odvádějící vodu k Metuji tu nejsou.

without long-term warming, evaporation and the decrease in runoff would both have been by 4 mm/month lower. In the overall hydrological balance, the long-term air temperature increase has a direct impact on a rise in evaporation, which results in a decline in total runoff as well as base flow. Runoff at the M XII outlet of the basin has a long-term declining trend of 2 l/s/year.

## INTRODUCTION

In 2014–2019 Central Europe was hit by a historic drought. The immediate cause of the drought was repeated long-term unusual circulation conditions that prevented frontal systems to move to Central Europe. It will be possible only in retrospect to make a credible assessment about whether this change in flow is a one-off anomaly, a period within a regular cycle or the result of climate change. This paper specifies the contribution of two main causes of draught, namely lower atmospheric precipitation and increased air temperature.

The T. G. Masaryk Water Research Institute has been carrying out long-term continuous observations of climatological, hydrological and hydrogeological parameters in the upper Metuje basin. Data obtained from these observations have been used to analyse the issue of drought in the region.

## HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN THE UPPER METUJE BASIN

*Fig. 1* shows a schematic situation of the upper Metuje basin. The monitored area comprises the upper Metuje basin up to the location of a water gauging station marked M XII on the Southern outskirts of the town of Teplice nad Metují. This catchment area lies in the upper part of the Police basin, which is made of Cretaceous and Triassic geological formations. The Police basin is larger than the morphological area of the Metuje basin. A second significant watercourse is the Dřevíč Creek in the North-West.

Cretaceous and Triassic sediments of great thickness (exceeding 500 m in the central part) lie on the Permian-Carboniferous inner-Sudetenland (Lower-Silesian) basin. This subsoil that has low permeability and the brachysyncline (dish-shaped) placement of the basin allows accumulation of a large volume of groundwater in the Cretaceous and Triassic formation. Krásný [6] describes the upper Metuje basin up to the Skalský fault as a “Northern aquiferous system” of the Police basin with an independent groundwater circulation.

Atmospheric precipitation recharges groundwater storage in the whole area of the basin [1].

After groundwater overcomes the aerated rock environment (the aeration zone), its further flow is complicated. The permeability of individual sediment layers differs since both layers with good permeability and isolating ones have been established here. The body of the Cretaceous formation has been tectonically considerably eroded and these faults and joints can be permeable or isolating depending on the type of filling. Hynie [2] mentions a potential isolating effect in upper locations and a drainage effect in the depth even in the structure of a single fault. It may also be assumed from the brachysyncline curvature of the basin that faults near the surface are predominantly compressed and faults near the subsoil are open.

Two important individual aquifers may be designated in this varied environment, an aquifer of cuboid-shaped sandstones (D) and an aquifer of Cenomanian sandstones (A). There is an aquifer of minor importance in the Turonian layers (C) since marlite of the Lower Turonian acts as a significant isolator.

Aquifer A is located in Cenomanian sandstones that are partially covered by Turonian sediments. This aquifer is divided into aquifer A2 (chert layers) located higher and aquifer A1 situated at the base of the Cretaceous formation and connected with the Triassic subsoil aquifer (T). The A1/T lower aquifer has very

Tab. 1. Skladba odtoku a specifické odtoky dílčích částí povodí Metuje

| Vodní tok/pramen              | Průměrné spec. odtoky a vydatnosti [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ] | Poměr k odtoku v profilu M XII [%] | Kolektor | Průměrný specifický odtok [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ] |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Metuje ze skal                | 53                                                                  | 6,4                                | D C      | 8,5                                                                           |
| Adršpašský potok              | 80                                                                  | 9,7                                | C        | 7                                                                             |
| Mořské oko                    | <u>8</u>                                                            | 1,0                                | D        |                                                                               |
| Jezírko                       | 4                                                                   | 0,5                                | D        |                                                                               |
| Metuje nad Zdoňovským potokem | <u>145</u>                                                          | 17,6                               |          | 7,3                                                                           |
| Zdoňovský potok               | <u>150</u>                                                          | 18,2                               | C D      | 6,7                                                                           |
| Metuje M VII                  | <u>295</u>                                                          | 35,8                               |          | 7                                                                             |
| Prameny Spálený mlýn          | 22                                                                  | 2,7                                | D        |                                                                               |
| Bučnice                       | 26                                                                  | 3,2                                | C D      | 6,5                                                                           |
| Metuje M VIII                 | <u>376</u>                                                          | 45,6                               |          | 7,9                                                                           |
| Pramen Bučnice                | 2                                                                   | 0,2                                | D        |                                                                               |
| Pramen Děd                    | 5                                                                   | 0,6                                | D        |                                                                               |
| Pramen u kempu                | 1                                                                   | 0,1                                | D        |                                                                               |
| Výronový úsek po Orlík        | 55                                                                  | 6,7                                | Pozn. 1. |                                                                               |
| Skalní potok                  | 80                                                                  | 9,7                                | D        | 11                                                                            |
| Pramen odtok vodárna          | 1                                                                   | 0,1                                | D        |                                                                               |
| Pramen Antoníček              | 5                                                                   | 0,6                                | A ?      |                                                                               |
| Hornoteplický potok           | 37                                                                  | 4,5                                | C        | 6                                                                             |
| TVO a odběr                   | 215                                                                 | 26,1                               | A        |                                                                               |
| Skalský potok                 | 12                                                                  | 1,5                                | D        |                                                                               |
| Bohdašínský potok             | 36                                                                  | 4,4                                | C        | 5,5                                                                           |
| Metuje M XII                  | <u>825</u>                                                          | 100,0                              |          | 11                                                                            |

Poznámky k tab. 1. Uvedené průtoky a vydatnosti reprezentují průměrné hodnoty, v suchých obdobích průtoky Adršpašského, Zdoňovského, Hornoteplického a Bohdašínského potoka klesají k nule. Hodnoty podtržené jsou měřené, uvedené normálním řezem písma dopočítané, kurzívou odvozené.

Pozn. 1. Výronový úsek do Metuje od profilu M VIII po Orlík nelze jednoznačně přiřadit k jedinému kolektoru.

Z mnoha podélných měření průtoků a vydatnosti pramenů byla zjištěna skladba průměrných průtoků a odtoků podzemní vody do Metuje (tab. 1). Plošné rozložení dotace podzemních vod srážkami lze posoudit podle specifických odtoků. Jejich porovnání pro dílčí oblasti povodí je uvedeno také v tab. 1.

## OVLIVNĚNÍ PŘIROZENÝCH HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ V POVODÍ HORNÍ METUJE

Zásoba podzemní vody v polické pánvi, resp. možnost jejího využití pro vodárenské zásobování pitnou vodou, byla zkoumána od poloviny 20. století. Ota Hynie prováděl rozsáhlý počáteční průzkum, dále v průzkumu pokračoval národní podnik Vodní zdroje, práce vedl geolog Vojtěch Kněžek.

good permeability and drains away most, possibly all, groundwater from aquifer A to outflows in Teplice above and at the Skalský fault (known as the Teplice outflow zone). The Skalský fault is impermeable to groundwater flow, raising its level and dividing the Police basin into two nearly separate units from the hydrogeological perspective.

A spatially varied aquifer D is located in cuboid-shaped sandstones of the Adršpach-Teplice Rocks (the Coniac-Teplice formation). This aquifer is isolated from aquifer C, which is located lower, by marlite with low permeability and groundwater thus flows away via multiple springs at erosion level of water-courses that are embedded in this marlite layer. There are numerous minor springs in the rock towns and in the North-Eastern boundary of the rocks there are four abundant springs in the Metuje River valley. The Southern rock town area is drained to the Skalní Creek and there are no abundant springs draining water to the Metuje River.



Tab. 1. Runoff composition and specific runoffs of sub-parts of the Metuje basin

| Watercourse/spring                    | Average specific runoffs and abundance [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ ] | Ratio to runoff in the M XII profile [%] | Aquifer            | Average specific runoff [ $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ ] |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Metuje from the rocks                 | 53                                                                      | 6.4                                      | D C                | 8.5                                                                         |
| Adršpašský Creek                      | 80                                                                      | 9.7                                      | C                  | 7                                                                           |
| Mořské oko spring                     | <u>8</u>                                                                | 1.0                                      | D                  |                                                                             |
| Jezírko spring                        | 4                                                                       | 0.5                                      | D                  |                                                                             |
| Metuje above the Zdoňovský Creek      | <u>145</u>                                                              | 17.6                                     |                    | 7.3                                                                         |
| Zdoňovský Creek                       | <u>150</u>                                                              | 18.2                                     | C D                | 6.7                                                                         |
| Metuje M VII                          | <u>295</u>                                                              | 35.8                                     |                    | 7                                                                           |
| Spálený mlýn springs                  | 22                                                                      | 2.7                                      | D                  |                                                                             |
| Bučnice Creek                         | 26                                                                      | 3.2                                      | C D                | 6.5                                                                         |
| Metuje M VIII                         | <u>376</u>                                                              | 45.6                                     |                    | 7.9                                                                         |
| Bučnice spring                        | 2                                                                       | 0.2                                      | D                  |                                                                             |
| Děd spring                            | 5                                                                       | 0.6                                      | D                  |                                                                             |
| Spring at the campsite                | 1                                                                       | 0.1                                      | D                  |                                                                             |
| Outflow zone up to Orlík              | 55                                                                      | 6.7                                      | <i>Note No. 1.</i> |                                                                             |
| Skalní Creek                          | 80                                                                      | 9.7                                      | <i>D</i>           | <i>11</i>                                                                   |
| Spring/Outlet at a water company      | 1                                                                       | 0.1                                      | D                  |                                                                             |
| Antoníček spring                      | 5                                                                       | 0.6                                      | A ?                |                                                                             |
| Hornoteplický Creek                   | 37                                                                      | 4.5                                      | C                  | 6                                                                           |
| Teplice outflow zone and water supply | 215                                                                     | 26.1                                     | A                  |                                                                             |
| Skalský Creek                         | 12                                                                      | 1.5                                      | D                  |                                                                             |
| Bohdašínský Creek                     | 36                                                                      | 4.4                                      | C                  | 5.5                                                                         |
| Metuje M XII                          | <u>825</u>                                                              | 100.0                                    |                    | 11                                                                          |

Notes to Tab. 1. The given discharge and abundance values represent average values. In periods of drought the discharge of Adršpašský, Zdoňovský, Hornoteplický and Bohdašínský Creeks drop to zero. Underlined values are measured, those in Roman font are calculated and those in *Italic* are derived.

Note No. 1. The outflow section to the Metuje River from the M VIII profile up to Orlík cannot be clearly assigned to a single aquifer.

Od konce 60. let jsou v povodí horní Metuje v teplickém výronovém okrsku vodárenské odběry podzemní vody a její odvedení mimo povodí. Jako první byl jímán pramen Sokol k zásobování obce Meziměstí (cca 1968–2003). Od začátku 90. let je podzemní voda čerpána z hlubokých vrtů (VS-5 a VS-15) v blízkosti pramene Rybárna k zásobování větší oblasti napojené na Východočeskou vodárenskou soustavu. Mimo teplický výronový okrsek je čerpán vrt VS-13. Odběrem vody z pramene kromě deficitu průtoku odpovídajícímu odběru k žádnému ovlivnění přirozeného režimu nedošlo. Čerpání podzemní vody z vrtů ovlivňuje proudění a hladinu podzemní vody v pánvi, po zahájení odběrů je patrný pokles hladiny podzemní vody v kolektorech A1T a A2. Předpokládáme, že pokud je zachován přirozený odtok podzemní vody v teplickém výronovém okrsku, k významnějšímu ovlivnění zásoby podzemní vody nedochází.

Lze předpokládat, že přirozené podmínky proudění podzemní vody ovlivňuje také samotná existence mnoha hydrogeologických a jiných vrtů. V pánvi jsou desítky vystrojených vrtů, mnohé nevhodným technickým provedením

Numerous longitudinal measurements of the discharge and abundance of springs established the composition of average discharge and runoff of groundwater to the Metuje River (Tab. 1). Spatial division of groundwater recharge by precipitation may be assessed according to specific runoffs. Their comparison for sub-parts of the basin is also presented in Tab. 1.

## IMPACT ON NATURAL HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN THE UPPER METUJE BASIN

Groundwater storage in the Police basin and the possibility of its use for drinking water supply has been investigated since the mid-20<sup>th</sup> century. Ota Hyniec carried out an extensive initial exploration, which was followed by a national enterprise Vodní zdroje where the exploration was led by geologist Vojtěch Kněžek.

propojují kolektory, karotážní měření vertikální proudění podzemní vody vrtem často potvrzují. Staré vrty jsou ve špatném stavu a rozsah propojení kolektorů se u nich v čase mění. Na západním okraji povodí byly v pánvi vrtány hluboké ložiskové vrty (průzkum ložiska uhlí); zda byly likvidovány s ohledem na možné ovlivnění režimu podzemních vod, není známo.

Možnost ovlivnění hladiny podzemní vody v severní části polické pánve mohla nastat také snížením hladiny podzemní vody v důsledku čerpání důlních vod na uhelných dolech. Od hranice křídového útvaru 1 200 m na západ byl důl Kateřina, podzemní práce tohoto dolu dosahují téměř k podloží křídových hornin. Důlní vody zde byly čerpány přibližně od počátku 20. století do roku 1993, a to z velké hloubky (-460 m n. m.), v množství průměrně 60 l.s<sup>-1</sup>. Po zatopení dolu od roku 1996 důlní voda volně odtéká starou štolou v údolí Jívky. Po ukončení čerpání, během zatápění důlních prací ani po zatopení dolu nebyla na chodu a úrovni hladiny podzemní vody v křídové pánvi zaznamenána žádná změna, která by vybočovala z běžného režimního i dlouhodobého chodu. Vliv čerpání a ukončení čerpání důlních vod na hydrogeologické poměry v polické pánvi je zanedbatelný až žádný, a to v souladu s předpokládanou malou propustností permo-karbonského podloží pánve.

## POZOROVÁNÍ V POVODÍ HORNÍ METUJE

VÚV TGM se na průzkumu polické pánve podílí od roku 1964, při řešení mnoha úkolů spolupracuje především s podnikem Vodní zdroje, a. s., Českým hydro-meteorologickým ústavem (ČHMÚ) a společností Progeo, s. r. o. Většina zpracovaných úkolů obsahovala řešení bilanční rovnice povodí a zpřesňování jejích složek, a to v povodí horní Metuje, dílčím experimentálním povodí Bučnice [3] a v celé polické pánvi. Souvislé datové řady vyhodnocených hydrologických, hydrogeologických a klimatických pozorování pro povodí horní Metuje jsou k dispozici od roku 1970.

Závěrný profil pro měření průtoku–odtoků pro toto povodí je M XII na dolní hranici města Teplice. Profil vodoměrné stanice je betonový jez s propustí, provedením je blízký složenému měrnému přelivu. Přístrojová měření hladiny, měření průtoků hydrometrickou vrtulí a vyhodnocení průtoku zde probíhají souvisle od roku 1970. Plocha povodí Metuje po profil M XII je 74,39 km<sup>2</sup>. Dále jsou v povodí Metuje doplňkové vodoměrné stanice, na Metuji profil M VIII u Skalního mlýna, také pozorovaný od roku 1970, spolu s novějším doplňkovým profilem M VII (2017) pod soutokem se Zdoňovským potokem. Na závěrném profilu Zdoňovského potoka Z VI probíhá pozorování od roku 1996. Měření z těchto stanic upřesňují odtokové poměry jednotlivých částí povodí a také zpřesňují a kontrolují měření na závěrném profilu M XII.

Hladinu podzemní vody sleduje trojice vrtů. Od roku 1972 probíhá měření hladiny ve vrtu VS-3. Úroveň hladiny tohoto vrtu je dána propojením více kolektorů, významný je především vliv zvodně kolektoru rohovcových vrstev A2. Bazální kolektor A1/T je sledován vrtem V-28 od roku 1990. Poměry v kvarterní svrchní zvodni sleduje dvojice blízko sebe položených vrtů V-6 (od roku 1970) a NS, které jsou vyhodnocovány společně. Hladinu podzemní vody v severní části polické pánve sledují také pozorovací objekty ČHMÚ, dostupná data byla k upřesnění odtokových poměrů využita.

Na pozorovací stanici Bučnice probíhá od roku 1970 základní klimatické pozorování, měření atmosférických srážek a teploty vzduchu. Od roku 1999 je zde v provozu automatická meteorologická stanice.

Zjednodušená situace polohy povodí horní Metuje v polické pánvi a umístění pozorovacích objektů je na obr. 1.

Since the late 1960s, groundwater in the Teplice outflow zone of the upper Metuje basin has been used for water supply and the taken away from the catchment area. The first spring to be used was the Sokol spring, which supplied the Meziměstí municipality (approximately 1968–2003). Since the early 1990s groundwater has been drawn from deep wells (VS-5 and VS-15) in the vicinity of the Rybárna spring to supply a more extensive area connected to the Eastern-Bohemian water system. Outside the Teplice outflow zone, water is also drawn from the VS-13 well. Besides a flow deficit corresponding with the abstraction, water abstraction from the spring has not had any impact on the natural regime. Drawing of groundwater from the wells has an impact on groundwater flow and level in the basin. After the above abstractions have started, groundwater level in aquifers A1T and A2 has dropped. It may be assumed that as long as natural groundwater runoff is maintained in the Teplice outflow zone, groundwater storage is not significantly affected.

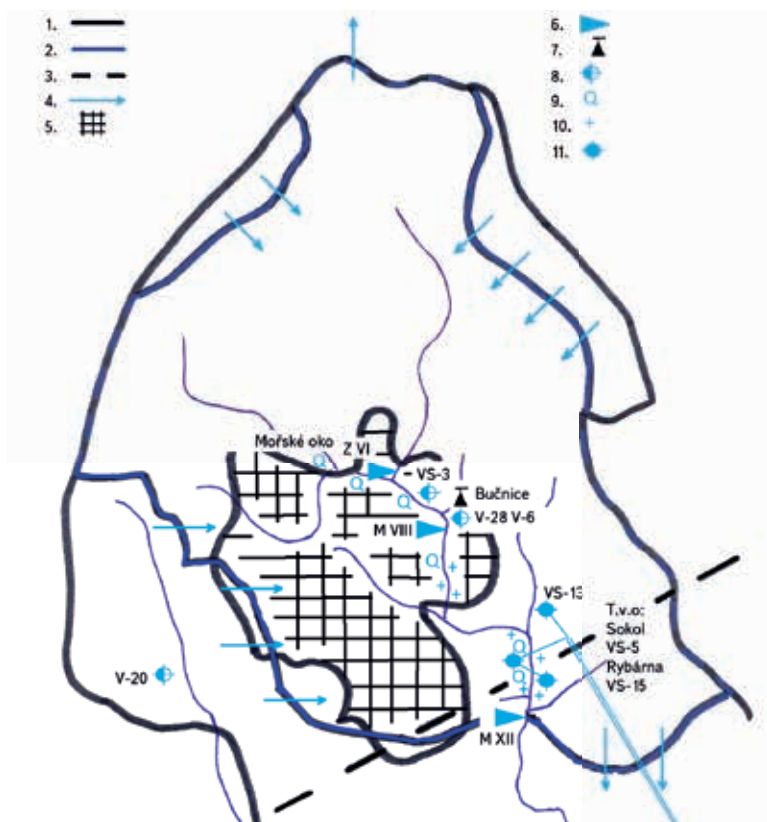
It may be presumed that natural groundwater flow conditions are also influenced by the sheer existence of numerous hydrogeological and other wells. There are dozens of fitted wells in the basin, many of which interconnect aquifers because of their inadequate technical execution. Logging measurements often confirm vertical water flows through the wells. Old wells are in a poor condition and the extent of aquifer interconnection changes over time. Deep exploratory wells were drilled in the Western boundary of the catchment area (for the sake of exploring a coal deposit) and it is not known whether they have been liquidated with a view to a potential impact on the groundwater regime.

Groundwater level in the Northern part of the Police basin could also be influenced by a decrease in groundwater level as a result of abstraction of mining water in coal mines. The Kateřina mine was located 1,200 m to the West of the Cretaceous formation boundary. Groundwork at this mine reached nearly the subsoil of Cretaceous rocks. Mining water was drawn here approximately from the early 20<sup>th</sup> century until 1993 from a great depth (460 m below sea level) in the average amount of 60 l.s<sup>-1</sup>. After the mine was flooded in 1996, mining water has been flowing away freely through an old gallery in the Jívka Creek valley. Changes in groundwater flow and level in the Cretaceous basin that would deviate from the ordinary regime and long-term flow were observed neither after water drawing was finished nor during the flooding of the mine and/or after it has been flooded. The impact of the drawing of groundwater and its termination on hydrogeological conditions in the Police basin is therefore negligible to zero in line with the assumed low permeability of the Permian-Carboniferous subsoil of the basin.

## OBSERVATIONS IN THE UPPER METUJE BASIN

The T. G. Masaryk Water Research Institute has been taking part in the exploration of the Police basin since 1964 and has cooperated on numerous tasks especially with the Vodní zdroje enterprise, the Czech Hydrometeorological Institute and Progeo. Most processed tasks have involved solving the balance equation of the basin and specification of its components in the upper Metuje basin, in a partial experimental Bučnice basin [3] and in the whole Police basin. Continuous data series of evaluated hydrological, hydrogeological and climatological observations regarding the upper Metuje basin have been available since 1970.

The M XII outlet of the basin on the lower outskirts of the town of Teplice is used for measuring discharge and runoff in this basin. The water gauging station is a concrete weir with a sluice, the execution of which is close to a compound measuring wastewier. Instrumental water level measurements, discharge measurements by a hydrometric propeller and discharge evaluation have been taking place there continuously since 1970. The Metuje basin up to the M XII profile comprises an area of 74.39 km<sup>2</sup>. There are also additional water gauging stations in the Metuje basin, namely the M VIII profile on the Metuje



Obr. 1. Povodí horní Metuje. 1 – okraj polické pánve, 2 – orografická rozvodnice, 3 – skalský zlom, 4 – proudění podzemní vody, 5 – Skály (kolektor D), 6 – vodoměrná stanice, 7 – klimatická stanice, 8 – pozorovací vrt, 9 – pramen, 10 – výronový úsek, 11 – vodárenský vrt, teplický výronový okrsek (T.v.o.)

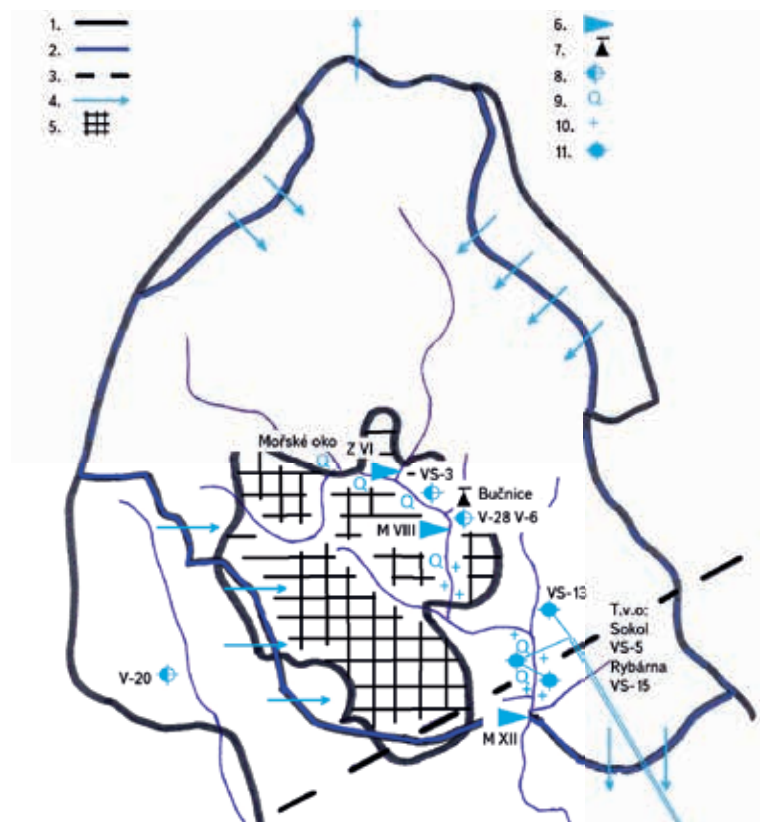


Fig. 1. Catchment area of the upper Metuje River. 1 – boundary of the Police basin, 2 – water divide line, 3 – Skalský fault, 4 – groundwater flow direction, 5 – Skály site (aquifer D), 6 – water gauging station, 7 – meteorological station, 8 – observation well, 9 – spring, 10 – outflow section, 11 – water wells, Teplice outflow zone ("T.v.o.")

## VYHODNOCENÍ SUCHA 2014–2019

V letech 2014–2019 byly zaznamenány nejmenší měřené hodnoty průtoků za celou dobu pozorování na všech pozorovaných proflech a nejnižší úrovně hladiny podzemní vody ve vrtech. Na závěrném profilu M XII bylo provedeno několik hydrometrických měření průtoků nejnižších hodnot. Celkový průběh průtoku a základního odtoku (odvozeného z úrovně hladiny podzemní vody, viz níže) k profilu M XII je v grafu na obr. 2.

Oběh vody v krajině popisuje bilanční rovnice, jež pro povodí horní Metuje obsahuje následující složky: Voda vstupuje do povodí ve formě atmosférických srážek a dále zde existuje přítok podzemní vody ze sousedních povodí. Voda ze spadlých atmosférických srážek přirozeně odchází z povodí výparem a povrchovým odtokem a především v období vegetačního klidu vsakuje do podzemních kolektorů. Větší část podzemní vody vyvěrá v povodí horní Metuje, menší množství odtéká mimo povodí. Na bilanci se také podílí změna zásoby podzemní vody. Část podzemní vody je odváděna vodárenským odběrem mimo povodí. Nádrže povrchové vody v povodí horní Metuje nejsou, objem vody v korytech toků je pro dlouhodobou bilanci zanedbatelný [3]. Jednotlivé uvedené členy bilanční rovnice jsou následně blíže specifikovány v samostatných kapitolách.

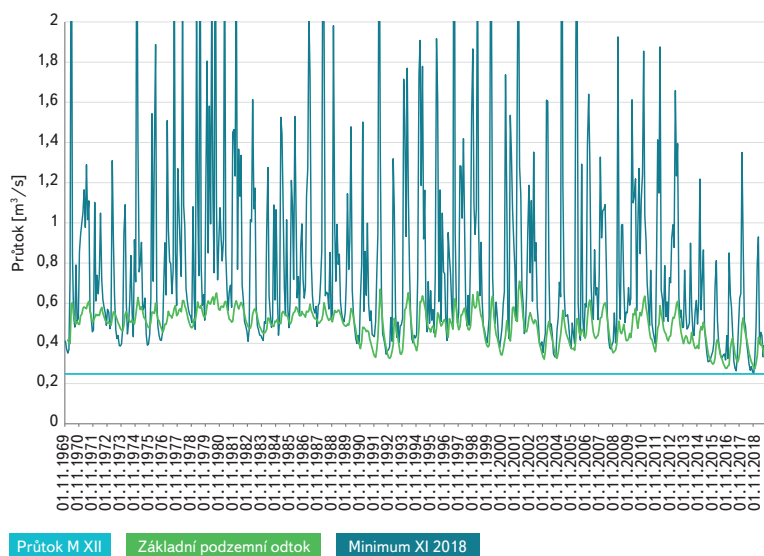
K řešení problému sucha v povodí horní Metuje byly v největší možné míře upřesněny jednotlivé položky bilanční rovnice povodí a na jejich hodnoty byl optimalizován hydrologický model Bilan. Primárními vstupy modelu Bilan jsou atmosférické srážky a teplota vzduchu, měření těchto klimatických veličin je z podstaty metody měření přesnější než u dat hydrologických. Ke zpracování dat byly použity řady měsíčních úhrnů/průměrů, především s ohledem na započítání vodárenských odběrů, které jsou v měsíčních hodnotách k dispozici.

River near Skalný mlýn where observations have been taking place since 1970 as well and a newer additional profile M VII (2017) below a confluence of the Metuje River and the Zdoňovský Creek. Observations at the Z VI outlet of the Zdoňovský Creek have been taking place since 1996. Measurements performed by these stations specify runoff conditions of individual parts of the catchment area and they also specify and check measurements at the M XII outlet of the basin.

Groundwater level is monitored by three wells. Since 1972 water level has been measured in the VS-3 well. The water level in this well is the result of an interconnection of multiple aquifers, of which especially the A2 aquifer of chert layers has a significant impact. The A1/T basal aquifer has been monitored by the V-28 well since 1990. Conditions in the Quaternary upper aquifer have been monitored by two wells located near each other, namely V-6 (since 1970) and NS, which are evaluated jointly. Groundwater level in the Northern part of the Police basin has also been monitored by observation objects of the Czech Hydrometeorological Institute. Available data have been used to specify runoff conditions.

Basic climatological observations, measurements of atmospheric precipitation and air temperature have been taking place at the Bučnice observation station since 1970. Since 1999 an automatic meteorological station has been in operation there.

Fig. 1 presents a simplified situation of the location of the upper Metuje River catchment area in the Police basin as well as the location of the observation objects.



Obr. 2. Průtok a základní odtok v profilu Metuje M XII

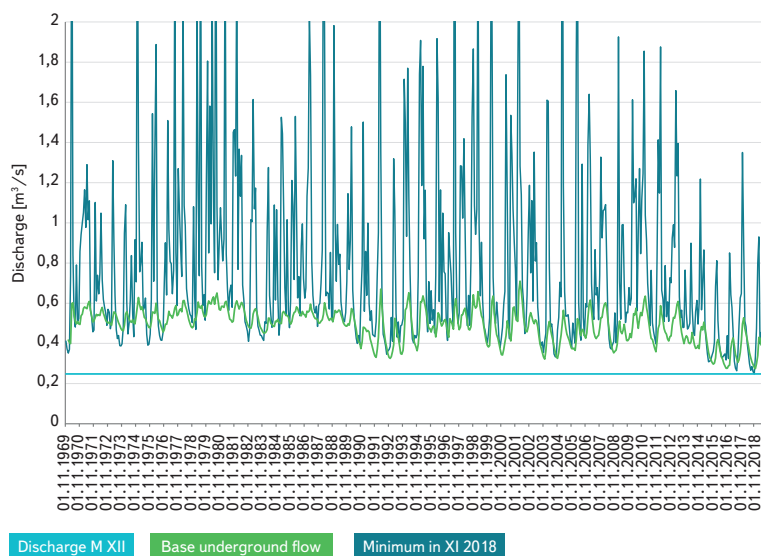


Fig. 2. Discharge and base flow in the Metuje M XII profile

## ATMOSFÉRICKÉ SRÁŽKY

Pro výpočet úhrnů měsíčních srážek v povodí Metuje byla použita data ze srážkoměru pozorovací stanice Bučnice. Ta je umístěna přibližně ve středu povodí horní Metuje, na louce při soutoku potoka Bučnice s Metují, v nadmořské výšce 490 m n. m. Většina plochy povodí je tak ve vyšší nadmořské výšce, než v jaké jsou měřeny srážky, což bylo zohledněno navýšením srážek při vyhodnocení.

Rozdíl mezi srážkami zachycenými standardním srážkoměrem v výšce 1 m a srážkami měřenými na úrovni terénu byl opraven podle zjištění Klinera [3] koeficientem 1,02 pro kapalnou a 1,05 pro sněhové srážky.

Úhrny srážek měřené na stanici Bučnice jsou velmi blízké srážkovým úhrnům stanoveným ČHMÚ pro povodí Metuje k níže položenému profilu Maršov. Za vyhodnocené období hydrologických roků 1970–2019 byl průměrný roční úhrn srážek pro stanici Bučnice 747 mm, pro Metuji po Maršov (ČHMÚ) 751 mm. Srážky od roku 1970 do roku 2019 nevykazují trend dlouhodobé změny.

## PŘÍTKO PODZEMNÍ VODY ZE SOUSEDNÍCH POVODÍ A ODTOK PODZEMNÍ VODY MIMO POVODÍ

Plocha sedimentů polické pánve je plošně větší než morfologické povodí horní Metuje. V křídové pánvi je také horní povodí toku Dřevíče, který opouští křídou pod obcí Janovice, plocha povodí tohoto vodního toku v polické pánvi je 11,2 km<sup>2</sup>. Okraje pánve (trias) na severu jsou v povodí Zadry a Scinawky (Stěnavy). Podle zjištěných úrovní hladiny podzemní vody a z těchto hladin Uhlíkem [4] sestavené mapy hydroizopiez podzemní voda proudí vzhledem k úklonu vrstev sedimentů do centrální oblasti s říční sítí Metuje. Je tady také malá oblast (v povodí Zdoňovského potoka), kde z pánve odtéká podzemní voda severním směrem do povodí Zadry. Na jihu povodí horní Metuje odtéká podzemní voda mimo povodí z oblasti jižně od skalského zlomu. V této oblasti je větší část povodí levostranného přítoku Metuje – Bohdašínského potoka – a také malá oblast na pravé straně jejího toku. Příklad odtoku podzemní vody z oblastí mimo povodí horní Metuje je zakreslen v mapě (obr. 1). Za předpokladu, že rozdělení srážkové vody na výpar, povrchový odtok a dotaci podzemní vody jsou v prostředí pánve stejné, lze pro přítok/odtok hodnotit rozdíl plochy území s dotací a ztrátou. Tento rozdíl je 11 km<sup>2</sup> ku prospěchu dotace ze sousedních povodí.

## EVALUATION OF DROUGHT IN 2014–2019

In 2014–2019 the lowest measured discharge rates were recorded over the whole observation period at all observed profiles as well as the lowest groundwater levels in the wells. Several hydrometric measurements of the lowest discharges were made at the M XII outlet of the basin. Fig. 2 presents total discharge and base flow (derived from groundwater levels, see below) to the M XII profile.

Water circulation in the landscape is described by a balance equation that contains the following components for the upper Metuje basin: water enters the catchment area in the form of atmospheric precipitation plus there is inflow of groundwater from neighbouring catchment areas. Water from atmospheric precipitation leaves the catchment area naturally by evaporation and surface runoff and especially in the vegetative rest period it is absorbed in underground aquifers. A larger part of groundwater springs to the surface in the upper Metuje basin and a smaller part flows away from the catchment area. A change in groundwater storage also contributes to the balance. A part of groundwater is drained away from the catchment area for water supply purposes. There are no surface water reservoirs in the upper Metuje basin and water volume in stream beds is negligible for the long-term balance [3]. Individual components of the balance equation are specified in greater detail in separate chapters.

To address the issue of drought in the upper Metuje basin, individual components of the balance equation of the catchment area have been specified as much as possible and the Bilan hydrological model has been optimised to their values. Primary inputs into the Bilan model include atmospheric precipitation and air temperature. Measurement of these climatological variables is more precise than hydrological data due to the nature of the measurement. Series of monthly totals/averages have been used for data processing, especially with regard to including water supply, which is available in monthly values.

## ATMOSPHERIC PRECIPITATION

Data from a rain gauge at the Bučnice observation station have been used to calculate monthly precipitation totals in the Metuje basin. The rain gauge is located approximately in the centre of the upper Metuje basin on a meadow near the confluence of the Bučnice Creek and the Metuje River at a height of 490 metres above sea level. Most of the catchment area is thus located at

Přibližnou hodnotu odtoku podzemní vody lze zjistit analýzou závislosti mezi úrovní hladiny podzemní vody a odtokem v závěrném profilu povodí horní Metuje M XII (separace základního odtoku metodikou Kněžek–Kliner). Za tímto účelem byla porovnána hladina podzemní vody na konci více vybraných období poklesu ve vrtech VS-3, V-20, V-28, V-6 a vydatnosti pramene Mošské oko s odpovídajícími poklesy průtoku na profilu M XII. Pro potlačení vlivu vodárenských odběrů a případných dlouhodobých změn parametrů pozorovacích vrtů bylo hodnocené období rozděleno na pět desetiletých úseků. Takto získaný průběh základního odtoku podzemní vody je zobrazen na obr. 2.

Přítok podzemní vody kolektory A1T a A2 z přilehlých sousedních povodí navýšuje vydatnost teplického výronového okrsku, mělké kolektory se odvodňují prameny v příslušných povodích.

Podle podílu teplického výronového okrsku na celkovém základním odtoku a velikosti plochy mimo povodí, ze které pochází tento přítok, byla ze základního odtoku dopočítána přibližná hodnota tohoto přítoku. O tento přítok podzemní vody z oblasti mimo povodí horní Metuje byl celkový odtok z povodí zmenšen.

S odtokem podzemní vody mimo povodí souvisí i problematika propustnosti skalského zlomu. Skalský zlom kříží údolí Metuje v dolní části města Teplice nad Metují, přesněji se zde kříží skalský zlom se zlomem polickým, který určuje v Teplicích morfologii údolí řeky. Nad a na skalském zlomu je dolní část teplického výronového okrsku, pramen Rybárna (také Pstruhárna, Prameniště, Jezírko), a úsek toku s přímou dotací podzemní vodou v korytě. S postupným získáváním znalostí o tomto zajímavém místě se ukazuje komplikovanost a členitost hydrogeologických poměrů a také se mění a různí názory na možnost proudění podzemní vody skrze či přes strukturu zlomu [5, 6]. Rozdíl výšky hladiny podzemní vody nad a pod skalským zlomem je přibližně 40 m, nad zlomem v teplickém výronovém okrsku je piezometrická úroveň hladiny nad terémem. Podzemní voda může pronikat skrze strukturu zlomu, případně přetékat zlom kvarterní říční nivou. Odhad množství podzemní vody, jež překoná zlom, je velmi nejistý, pro bilanci pokládáme skalský zlom za nepropustný. Hodnoty průměrného dlouhodobého specifického odtoku tento předpoklad podporují. Metuje má k profilu M XII specifický odtok  $11 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ , k profilu Hronov, který uzavírá celou polickou pánev, je také  $11 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ . Sousední vodní tok Dřevíč má specifický odtok  $10,4 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  (z dat vodoměrných stanic ČHMÚ).

## ODTOK Z POVODÍ

Odtok z povodí je vypočten podle průtoku v závěrném profilu Metuje M XII. Tímto měrným profilem pro jeho polohu pod dělicím skalským zlomem a koncem teplického výronového okrsku odtéká většina vody z povodí. Vliv krátkého úseku toku nad profilem M XII od konce teplického výronového okrsku, ve ztrátové oblasti pod skalským zlomem, byl zhodnocen na základě měření a odhadu na ztrátu  $10 \text{ l/s}$ . Měrná křivka a měrný profil byly zkontrolovány, za dobu pozorování 1970–2019 nedošlo ke změně hydraulických parametrů. Průtok měřený touto vodoměrnou stanicí je kontrolován podle průtoku níže po toku ležící vodoměrné stanice v Maršově nad Metují, provozované ČHMÚ.

## VODÁRENSKÉ ODBĚRY ODVEDENÉ MIMO POVODÍ

Odběratelů podzemní vody je v povodí několik, nejvýznamnější jsou Vodovody a kanalizace Náchod, a. s., jež v Teplicích nad Metují provozují soustavu čerpaných vodárenských vrtů a vodovodním převaděčem Teplice–Bohuslavice odvádějí vodu mimo povodí. Voda spotřebovaná městem Teplice nad Metují je též odvedena z povodí horní Metuje, výtok z čistírny odpadních vod ústí do Metuje několik set metrů pod závěrným profilem M XII. K započítání množství

a higher altitude than where precipitation is measured, which has been taken into account in the evaluation by increasing precipitation.

The difference between precipitation captured by a standard rain gauge at a height of 1 m and precipitation measured at ground level has been corrected in accordance with Kliner's findings [3] by a coefficient of 1.02 for rainfall and 1.05 for snowfall.

Precipitation totals measured at the Bučnice station are very close to precipitation totals determined by the Czech Hydrometeorological Institute for the Metuje basin up to the Maršov profile at a lower altitude. Over the evaluated period of hydrological years 1970–2019, the average annual precipitation total at the Bučnice station stood at 747 mm and at Metuje up to Maršov at 751 mm (CHMI). Precipitation between 1970 and 2019 does not show a trend of a long-term change.

## INFLOW OF GROUNDWATER FROM NEIGHBOURING CATCHMENT AREAS AND GROUNDWATER RUNOFF AWAY FROM THE CATCHMENT AREA

The area of the Police basin sediments is larger than the morphological catchment area of the upper Metuje River. The upper catchment area of the Dřevíč Creek is also located in the Cretaceous basin. This watercourse leaves the Cretaceous below the municipality of Janovice and its catchment area in the Police basin amounts to  $11.2 \text{ km}^2$ . The boundaries of the basin (Triassic) in the North are located in the catchment areas of the Zadrna River and the Scinawka (Stěnavka) River. According to established groundwater levels and a hydroisopieze map put together by Uhlík [4] on the basis of these levels, groundwater flows to the central area where the Metuje river system is located due to a slanting of the sediment layers. There is also a small site (in the Zdoňovský Creek catchment area) where groundwater flows away from the basin in the Northern direction to the Zadrna catchment area. In the South of the upper Metuje basin groundwater flows away from the basin from a site to the South of the Skalský fault. A larger part of the catchment area of the Bohdašínský Creek, a left-bank tributary of the Metuje River, plus a small area on the right-bank side of the river are located there. The inflow and runoff of groundwater from areas outside the upper Metuje basin are marked in a map (Fig. 1). Assuming that the division of rainwater into evaporation, surface runoff and groundwater recharge is the same in the basin, the difference in the area where recharge and deficit occurs may be evaluated for inflow/runoff. This difference stands at  $11 \text{ km}^2$  in favour of recharge from neighbouring catchment areas.

An approximate value of groundwater runoff may be established by analysing the dependence between groundwater level and runoff at the M XII outlet of the upper Metuje basin (base flow has been separated by using the Kněžek – Kliner methodology). For this purpose, groundwater level has been compared at the end of multiple selected periods of decline in wells VS-3, V-20, V-28, V-6 and abundance of the Mošské oko spring with corresponding declines in discharge at the M XII profile. The evaluated period has been broken down into five ten-year sections in order to minimise the effect of water supply and potential long-term changes in observation well parameters. Fig. 2 presents groundwater base flow that has thus been obtained.

The inflow of groundwater via the A1T and A2 aquifers from adjacent neighbouring catchment areas increases the abundance of the Teplice outflow zone. Shallow aquifers are drained by springs in the respective catchment areas.

On the basis of the contribution of the Teplice outflow zone to the total base flow and the size of the area outside the basin from which this inflow comes, the approximate value of this inflow has been calculated from base flow. Total runoff from the catchment area has been reduced by this groundwater inflow from an area outside the upper Metuje basin.

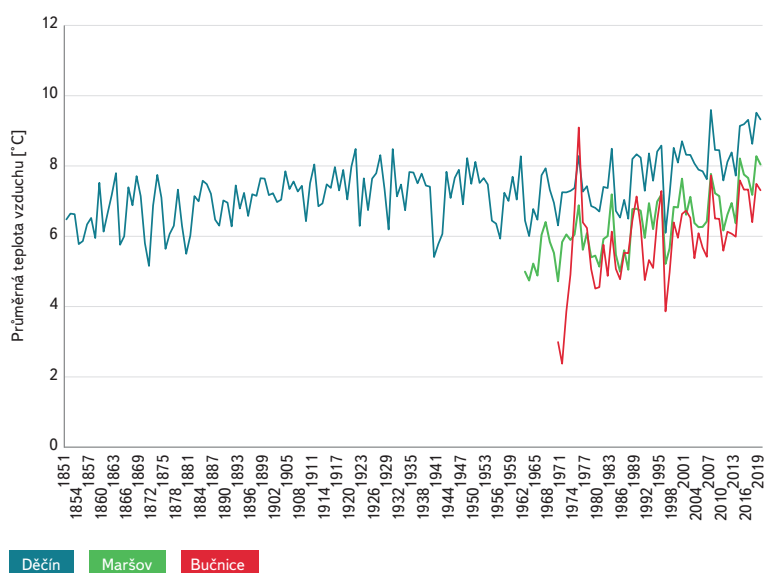
odebrané vody byla použita data ze souborů státní vodohospodářské bilance k profilu Maršov. Velikost vodárenského odběru byla pro výpočet snížena o průměrnou hodnotu odběru z vrtu VS-15, 20 l.s<sup>-1</sup>. Tento vodárenský vrt leží ve struktuře skalského zlomu, úroveň hladiny podzemní vody v tomto vrtu je v neovlivněném stavu níže než hladina řeky [5]. Většina až všechna voda čerpaná tímto vrtem již nenáleží k bilancované oblasti severního zvodněného systému polické pánve.

Celkový odtok zadaný pro kalibraci hydrologického modelu Bilan byl opraven o velikost realizovaných odběrů podzemní vody a výměnu podzemní vody se sousedními povodími.

## ZTRÁTA VODY VÝPAREM

Ztráta vody výparem, především evapotranspirací ve vegetačním období, je počítána modelem Bilan na základě teploty vzduchu a dostupného množství vody v půdě.

Teplota vzduchu ve 2 m nad povrchem je přístrojově měřena meteorologickou stanicí Bučnice. Teplota má průkazně stoupající trend 0,04 °C za rok. Průběh teploty je znázorněn na obr. 3. Pro srovnání jsou vykresleny i teploty pro povodí Metuje po Maršov nad Metují a dlouhá časová řada pro povodí Labe v Děčíně.



Obr. 3. Průměrná roční teplota vzduchu

## ZÁSoba PODZEMNÍ VODY A ODTOK PODZEMNÍ VODY

Zásoba podzemní vody a odtok podzemní vody (základní odtok) jsou výstupem programu Bilan.

### Aplikace modelu Bilan

Model Bilan [7] počítá v měsíčním kroku chronologickou hydrologickou bilanci povodí či území. Vyjadřuje základní bilanční vztahy na povrchu povodí, v zóně aerace, do níž je zahrnut i vegetační kryt povodí, a v zóně podzemní vody. Jako ukazatel bilance energie, která hydrologickou bilanci významně ovlivňuje, je použita teplota vzduchu.

Groundwater runoff away from the catchment area is related to the permeability issue of the Skalský fault. The Skalský fault crosses the Metuje valley in the lower part of the town of Teplice nad Metují, or rather the Skalský fault crosses there with the Police fault, which determines the river valley morphology in Teplice. Above and at the Skalský fault there is the lower part of the Teplice outflow zone, the Rybárna spring (also known as Pstruhárna, Prameniště or Jezírko) and a section of the watercourse with a direct recharge by groundwater in the bed. As knowledge is gradually obtained about this interesting site, the complicated and varied nature of hydrogeological conditions is becoming apparent, opinions are changing and starting to differ on the possibility of groundwater flow through or across the fault structure [5, 6]. The difference in groundwater level above and below the Skalský fault is approximately 40 m. Above the fault in the Teplice outflow zone piezometric water level is above the ground. Groundwater may permeate through the fault structure or overflow the fault via a Quaternary fluvial meadow. An estimate of the amount of groundwater that overcomes the fault is highly uncertain and for the sake of the balance the Skalský fault is considered impermeable. Values of the average long-term specific runoff support this assumption. Specific runoff of the Metuje River up to the M XII profile stands at 11 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> and up to the Hronov profile that closes the whole Police basin it also stands at 11 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>. Specific runoff of the neighbouring Dřevíč Creek amounts to 10.4 l.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (data obtained from water gauging stations of the Czech Hydrometeorological Institute).

## RUNOFF FROM THE CATCHMENT AREA

Runoff from the catchment area has been calculated according to discharge in the M XII outflow of the Metuje basin. Most water flows away from the catchment area through this gauging station due to its location below the dividing Skalský fault and at the end of the Teplice outflow zone. The impact of the short section of the watercourse above the M XII profile from the end of the Teplice outflow zone in the deficit area below the Skalský fault has been evaluated on the basis of measurements and estimated deficit of 10 l/s. The rating curve and the gauging station have been checked and it has been established that hydraulic parameters were not changed over the observation period of 1970–2019. Discharge measured by this water gauging station is checked on the basis of a discharge at a water gauging station in Maršov nad Metují that is located downstream and operated by the Czech Hydrometeorological Institute.

## WATER SUPPLY TAKEN AWAY FROM THE CATCHMENT AREA

There are several groundwater users in the catchment area, the most important being Vodovody a kanalizace Náchod, a. s., which operates a system of water wells in Teplice nad Metují and takes water away from the catchment area by the Teplice–Bohuslavice water transfer. Water used by the town of Teplice nad Metují is also drained away from the upper Metuje basin. An outflow from a waste water treatment station flows into the Metuje River several hundred metres below the M XII outlet of the basin. Data from the national water management balance files regarding the Maršov profile have been used in order to calculate the amount of drawn water. The water supply has been reduced for calculation purposes by the average value of water drawn from well VS-15, 20 l.s<sup>-1</sup>. This water well lies in the Skalský fault structure and groundwater level in this well is lower than the river level without any impact [5]. A majority up to all the water drawn from this well does not belong to the assessed area of the Northern aquiferous system of the Police basin.

The total runoff input for calibrating the Bilan hydrological model has been adjusted by the amount of effected groundwater supply and groundwater exchange with the neighbouring catchment areas.

Vstupními hodnotami modelu jsou časové řady měsíčních výšek srážek v povodí a řady průměrných měsíčních teplot vzduchu. Při odhadu parametrů modelu se zadávají řady měsíčních odtokových výšek v závěrovém profilu povodí.

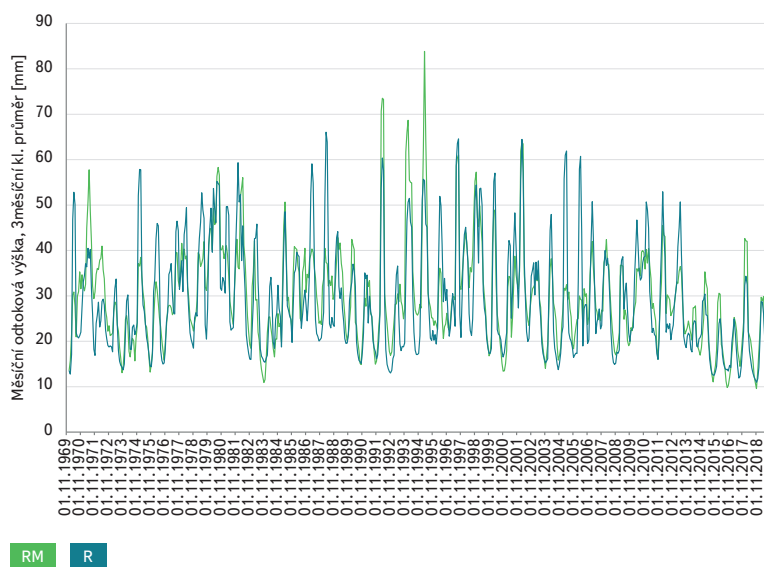
Výpočtem byly získány potenciální evapotranspirace, územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou do podzemních vod, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Celkový odtok je modelován jako součet tří složek: dvě složky přímého odtoku (zahrnující i hypodermický odtok) a základní odtok. Základní odtok lze ztotožnit s drenáží podzemní vody do říční sítě po závěrný profil.

Model má osm volných parametrů. Pro jejich odhad se v profilech s vodoměrným pozorováním používá optimalizační program, který hledá parametry tak, aby bylo dosaženo minimální hodnoty zvoleného kritéria shody modelovaného odtoku s pozorovanými daty.

Při kalibraci modelu byly pro data z 90. let patrné rozdíly mezi modelovaným a měřeným odtokem. Podrobnější kontrolou podle zprávy Uhlíka [4] byly zjištěny nesrovnalosti dostupných hodnot odběrů. Pro kalibraci byl úsek nejistých dat vynechán, nebyly použity hydrologické roky 1990–1999. Úroveň hladiny podzemní vody byla na začátku a konci vynechaného úseku podobná.

Ke kalibrování modelu Bilan bylo třeba zvýšit atmosférické srážky koeficientem 1,105, který zohledňuje vliv nadmořské výšky srážkoměrné stanice Bučnice.

Na obr. 4 je vykreslen průběh pozorovaného odtoku z povodí (R) a modelovaného odtoku (RM), pro lepší přehlednost jsou zobrazeny 3měsíční klouzavé průměry.



Obr. 4. Pozorovaný (R) a modelovaný odtok (RM), 3měsíční klouzavé průměry

Z porovnání hodnot skutečného a modelovaného odtoku jsou patrné rozdíly při větších hodnotách odtoku. Tyto lze vysvětlit nerovnoměrným rozložení srážek přívalových dešťů na ploše povodí. Také se zde projevuje nepřesnost samotného měření hladiny při vysokých stavech a rychlých změnách a to, že měrná křivka průtoků je pro velké průtoky odvozena pouze hydraulickým výpočtem. V grafu na obr. 4 jsou zachyceny zřetelné nepřesnosti hodnot odběrů vody v 90. letech. Celkově se shoda měřeného odtoku a modelovaného odtoku s časem zlepšuje.

## WATER LOSS CAUSED BY EVAPORATION

Water loss caused by evaporation, in particular evapotranspiration in the vegetation period, has been calculated by the Bilan model based on air temperature and available amount of water in the soil.

The Bučnice meteorological station measures air temperature instrumentally 2 m above the ground. The temperature shows a demonstrably increasing trend of  $0.04^{\circ}\text{C}/\text{year}$ . Fig. 3 presents the temperature over time. For the sake of comparison, temperatures in the Metuje basin up to Maršov nad Metují and a long time series in the Labe basin in Děčín are also presented.

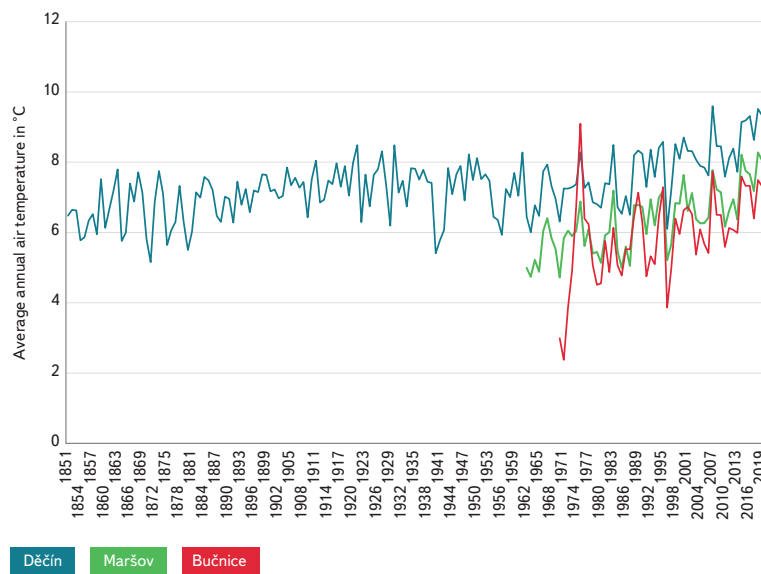


Fig. 3. Average annual air temperature

## GROUNDWATER STORAGE AND RUNOFF

The Bilan programme yields groundwater storage and runoff (base flow). Out of the measured data, groundwater levels in monitoring wells document the development of groundwater storage over time.

### Application of the Bilan model

The Bilan model [7] uses the monthly time step to calculate chronological hydrological balance of a catchment area or of a given area. It expresses basic balance relationships on the surface of the catchment area, in the aeration zone that also includes the vegetation cover of the catchment area and in the groundwater zone. Air temperature has been used as an indicator of energy balance, which has a significant impact on hydrological balance.

Input values of the model include time series of monthly precipitation in the catchment area and series of average monthly air temperatures. When the model parameters are estimated, series of monthly runoff heights at the outlet of the basin are put in.

The calculation has provided potential evapotranspiration, actual evaporation, infiltration into the aeration zone, seepage through this zone into groundwater, water storage in snow, water storage in the soil and groundwater storage. Total runoff is modelled as a sum of three components: two components of direct runoff (that also includes hypodermic runoff) and base flow. Base flow may be identified with groundwater drainage into the river system up to the outlet of the basin.

Tab. 2. Měsíční průměry veličin hydrologické bilance z období 1970–2019 a z období 2014–2019 ve variantách pozorovaných teplot a teplot vzduchu bez rostoucího trendu

| Měsíční hodnoty                   |     | Teplota měřená |           | Teplota bez trendu |           | Změna       |
|-----------------------------------|-----|----------------|-----------|--------------------|-----------|-------------|
|                                   |     | 1970–2019      | 2014–2019 | 1970–2019          | 2014–2019 | 2014–2019   |
| Atmosférické srážky [mm]          | P   | 69,1           | 60,4      | 69,2               | 60,6      | 0,2         |
| Odtok modelovaný [mm]             | RM  | 29,7           | 20,8      | 32,0               | 24,5      | <b>3,7</b>  |
| Základní odtok [mm]               | BF  | 20,7           | 14,5      | 22,9               | 18,3      | <b>3,7</b>  |
| Potenciální evapotranspirace [mm] | PET | 42,1           | 45,6      | 39,0               | 39,8      | -5,8        |
| Evapotranspirace [mm]             | ET  | 39,4           | 40,1      | 37,0               | 36,5      | <b>-3,7</b> |
| Průměrná teplota vzduchu [°C]     | T   | 5,9            | 7,2       | 4,9                | 5,3       | -1,9        |
| <b>Zásoba podzemní vody [mm]</b>  |     |                |           |                    |           |             |
| K 31. 10. 2013                    | GS  |                | 132,3     |                    | 166,8     | 34,5        |
| K 31. 10. 2019                    | GS  |                | 93,6      |                    | 139,1     | 45,6        |
| Změna                             |     |                | 38,7      |                    | 27,6      | -11,1       |
| Měsíčně                           |     |                | 0,5       |                    | 0,4       | -0,2        |

Tab. 3. Celkový vliv zvyšování teploty vzduchu

| Měření        |                               |     | Měsíční průměrný úhrn [mm] |       | Měsíční trend [mm] |         |
|---------------|-------------------------------|-----|----------------------------|-------|--------------------|---------|
|               |                               |     | T real                     | T kor | T real             | T kor   |
| <b>Měření</b> | Atmosférické srážky           | P   | 69,1                       | 69,2  | -0,004             | -0,0037 |
|               | Měřený odtok                  | R   | 29,1                       |       | -0,01              |         |
| <b>Bilan</b>  | Modelovaný odtok              | RM  | 29,7                       | 32,0  | -0,01              | -0,002  |
|               | Základní odtok                | BF  | 20,7                       | 22,9  | -0,007             | -0,0001 |
|               | Zásoba podzemní vody          | GS  | 171,8                      | 190,1 | -0,064             | -0,004  |
|               | Potenciální evapotranspirace  | PET | 42,1                       | 39,0  | 0,014              | 0,003   |
|               | Evapotranspirace              | ET  | 39,4                       | 37,0  | 0,009              | 0,002   |
|               | Teplota [°C] (měsíční průměr) | T   | 5,9                        | 4,9   | 0,004              | 0       |

## Určení vlivu zvyšování teploty vzduchu na odtok

K posouzení podílu vlivu poklesu atmosférických srážek a nárůstu teploty vzduchu byl proveden výpočet odtoku s upravenou teplotou vzduchu, při použití měřených úhrnů srážek a původních parametrů nastavení kalibrace modelu. Měřené hodnoty teploty vzduchu byly pro toto vyhodnocení modelem Bilan v období 1970–2019 upraveny na nulový trend zvyšování teploty.

Porovnání výstupů modelu Bilan pro období sucha 2014–2019 s celým sledovaným obdobím 1970–2019 a porovnání pro modelovou variantu bez zvýšení teploty jsou v tab. 2.

V období 2014–2019 byl průměrný modelovaný měsíční odtok RM o 8,9 mm menší než průměrný měsíční odtok za celé období pozorování 1970–2019. Tento pokles odpovídá poklesu průměrných měsíčních srážek P o 8,7 mm.

Ve vztahu k průměrným teplotám za celé období 1970–2019 byly teploty v období sucha 2014–2019 nadprůměrné, resp. odpovídající stoupajícímu trendu teploty.

The model has eight free parameters. To estimate them, water-measurement observation profiles use an optimisation programme that seeks parameters so as to reach a minimum value of the selected criterion for matching modelled runoff with observed data.

When the model was calibrated, there were apparent differences in data from the 1990s regarding modelled and measured runoff. An in-depth examination in accordance with Uhlík's report [4] has established discrepancies of available water supply values. For the purposes of calibration, the section of uncertain data was omitted and hydrological years 1990–1999 were not used. Groundwater level at the beginning and at the end of the omitted section was similar.

So as to calibrate the Bilan model, atmospheric precipitation has had to be increased by a coefficient of 1.105, which takes into account the impact of the altitude of the Bučnice rain gauging station.



Podíl dlouhodobého zvýšení teploty na snížení odtoku v důsledku růstu výparu je významný. Pokud by ke zvýšení teploty nedocházelo, pak by výpar za období 2014–2019 byl podprůměrný a celkový rozdíl ztráty výparem by byl menší o 3,7 mm měsíčně. Tento deficit výparu by se projevil odpovídajícím zvýšením hodnoty základního odtoku BF a celkového odtoku RM.

Složka základního odtoku z klesající zásoby podzemní vody není příliš významná. Celkový pokles zásoby podzemní vody za období od začátku roku 2014 do konce roku 2019 byl 38,7 mm. Pro tento pokles odpovídá pokles objemu podzemní vody o 2,88 mil. m<sup>3</sup>. Porovnání dlouhodobých bilancí povodí horní Metuje pro celé pozorované období 1970–2019 je v tab. 3.

Atmosférické srážky za celé sledované období vykazují mírný pokles, ten však není, na rozdíl od růstu teploty, trvalého rázu. V období 1970–2013 před začátkem sucha vykazoval měsíční srážkový úhrn růst 0,009 mm. Při vyhodnocení sledovaného období po dekádách ve třech dekádách srážky stoupají, ve dvou dekádách klesají, zatímco vzestup teploty vzduchu nastal ve všech dekádách.

Vliv navýšení výparu a odpovídajícího poklesu odtoku v důsledku oteplení vzduchu je patrný, porovnáním trendů lze přibližně určit vztah poklesu odtoku o 2,5 mm/měsíc při zvýšení teploty o 1 °C.

Dlouhodobý trend poklesu základního odtoku v důsledku stoupajícího podílu výparu je 0,007 mm/měsíc (při nezapočítání sucha 2014–2019 a chladného roku 1971 na začátku pozorování je trend 0,006 mm/měsíc, v období 1972–2013). Nižší hodnotě poklesu odtoku 0,006 mm/měsíc odpovídá trend poklesu průtoku v profilu M XII 2 l/s/rok. Hodnota základního odtoku je významná z hlediska vodárenských odběrů. V období sucha 2014–2019 zůstal po celou dobu sucha v teplejším výronovém okrsku zachován odtok podzemní vody. Nejmenší změřená hodnota vydatnosti teplejšího výronového okrsku byla 150 l/s, nejmenší dopočítaná kolem 100 l/s. Na celkovém základním odtoku z povodí horní Metuje se v suchých obdobích teplejší výronový okrsek podílí jednou polovinou. Pokud bude pokles odtoku pokračovat, v budoucnu nastanou problémy s množstvím povrchové vody. V případě většího poklesu nebo zániku přirozeného odtoku v teplejším výronovém okrsku a změny jeho funkce z dotační na ztrátovou mohou vzniknout také problémy s kvalitou podzemní vody v blízkosti vodárenských odběrů.

## ZÁVĚR

Primární příčinou sucha v období 2014–2019 v povodí horní Metuje byl pokles atmosférických průměrných měsíčních srážek o 8,6 mm oproti dlouhodobému průměru. Měsíční průměrný úhrn srážek byl v uvedeném období sucha 60 mm měsíčně, z těchto se 40 mm odpařilo a 21 mm vody z povodí odteklo nebo bylo odebráno vodárenskými odběry (1 mm odteklé vody je z klesající zásoby podzemní vody). Výrazný je vliv dlouhodobého oteplování vzduchu. Pokud by k oteplování nedocházelo, odpařilo by se podle modelové simulace měsíčně jen 36 mm a hodnota (základního) měsíčního odtoku by byla o 4 mm větší. Tomuto nárůstu odpovídá zvýšení průtoku na profilu M XII o 110 l.s<sup>-1</sup>.

Poklesem odtoku z povodí se oteplování projevuje dlouhodobě, nikoli pouze v extrémní periodě 2014–2019. Opatření ke zmírnění tohoto nepříznivého trendu mohou zmenšit výpar a povrchový odtok ve prospěch dotace zásoby podzemní vody. Tím dojde ke zvětšení základního odtoku v říční síti. Dobrymi opatřeními v krajině jsou vhodně situovaná jezírka a hluboké tůňe, které umožní akumulaci vody a především její vsakování do vod podzemních. Naopak mokřady a mělké nádrže v drenážních oblastech mohou vzhledem k podpoře výparu mít účinek spíše negativní. Úpravy v krajině je proto vhodné odborně posoudit z hydrologického a hydrogeologického pohledu.

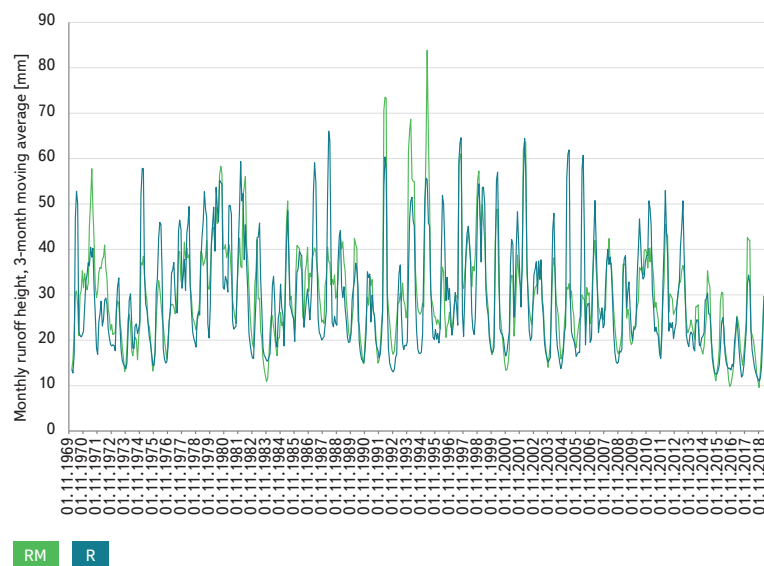


Fig. 4. Observed runoff (R) and modelled runoff (RM), 3-month moving averages

Fig. 4 shows observed runoff (R) from the catchment area and modelled runoff (RM). Three-month moving averages are presented for the sake of clarity.

An observation of the values of actual and modelled runoff shows differences in higher runoff values. These differences may be explained by uneven distribution of torrential rainfall across the catchment area. Inaccuracy of the measurement of water level in high water level conditions and fast changes is also apparent as well as the fact that the discharge rating curve for high discharges is derived only by a hydraulic calculation. A chart in Fig. 4 captures noticeable inaccuracies of water supply values in the 1990s. Overall, the match between measured runoff and modelled runoff has improved over time.

## DETERMINING THE IMPACT OF INCREASING AIR TEMPERATURE ON RUNOFF

A calculation of runoff with adjusted air temperature has been made, using measured precipitation totals and the original model calibration parameters in order to assess the contribution of the impact of a decrease in atmospheric precipitation and an increase in air temperature. Measured air temperatures in the period of 1970–2019 have been adjusted for a zero trend of temperature increase for the purpose of this evaluation by the Bilan model.

Tab. 2 presents a comparison of outputs of the Bilan model for the drought period of 2014–2019 with the whole observation period of 1970–2019 and a comparison for the model variant without an increase in temperature.

In 2014–2019 the average modelled monthly runoff (RM) was by 8.9 mm smaller than the average monthly runoff over the whole observation period of 1970–2019. This decline corresponds with the decrease in average monthly precipitation P by 8.7 mm.

In relation to average temperatures over the whole period of 1970–2019, temperatures in the drought period of 2014–2019 were above average or rather in line with the rising temperature trend.

The contribution of the long-term temperature rise to a decline in runoff as a result of an increase in evaporation is significant. If temperature had not increased, evaporation over the period of 2014–2019 would have been below average and the total difference in a loss caused by evaporation would have been by 3.7 mm/month smaller. This evaporation deficit would have manifested itself by a corresponding increase in the value of base flow (BF) and total runoff (RM).

Tab. 2. Monthly averages of hydrological balance quantities from the period of 1970–2019 and from the period of 2014–2019, in a variant of observed air temperatures and a variant of air temperatures without an increasing trend

| Monthly values                    | Quantity | Measured temperature |           | Temperature without an increasing trend |           | Change      |
|-----------------------------------|----------|----------------------|-----------|-----------------------------------------|-----------|-------------|
|                                   |          | 1970–2019            | 2014–2019 | 1970–2019                               | 2014–2019 | 2014–2019   |
| Atmospheric precipitation [mm]    | P        | 69.1                 | 60.4      | 69.2                                    | 60.6      | 0.2         |
| Modelled runoff [mm]              | RM       | 29.7                 | 20.8      | 32.0                                    | 24.5      | <b>3.7</b>  |
| Base flow [mm]                    | BF       | 20.7                 | 14.5      | 22.9                                    | 18.3      | <b>3.7</b>  |
| Potential evapotranspiration [mm] | PET      | 42.1                 | 45.6      | 39.0                                    | 39.8      | -5.8        |
| Evapotranspiration [mm]           | ET       | 39.4                 | 40.1      | 37.0                                    | 36.5      | <b>-3.7</b> |
| Average air temperature [°C]      | T        | 5.9                  | 7.2       | 4.9                                     | 5.3       | -1.9        |
| Groundwater storage [mm]          |          |                      |           |                                         |           |             |
| As at 31/10/2013                  | GS       |                      | 132.3     |                                         | 166.8     | 34.5        |
| As at 31/10/2019                  | GS       |                      | 93.6      |                                         | 139.1     | 45.6        |
| Change                            |          |                      | 38.7      |                                         | 27.6      | -11.1       |
| Per month                         |          |                      | 0.5       |                                         | 0.4       | -0.2        |

Tab. 3. Overall effect of rising air temperature

| Measurement        |                              |     | Average monthly total [mm] |        | Monthly trend [mm] |         |
|--------------------|------------------------------|-----|----------------------------|--------|--------------------|---------|
|                    |                              |     | T real                     | T cor. | T real             | T cor.  |
| <b>Measurement</b> | Atmospheric precipitation    | P   | 69.1                       | 69.2   | -0.004             | -0.0037 |
|                    | Measured runoff              | R   | 29.1                       |        | -0.01              |         |
| <b>Bilan</b>       | Modelled runoff              | RM  | 29.7                       | 32.0   | -0.01              | -0.002  |
|                    | Base flow                    | BF  | 20.7                       | 22.9   | -0.007             | -0.0001 |
|                    | Groundwater storage          | GS  | 171.8                      | 190.1  | -0.064             | -0.004  |
|                    | Potential evapotranspiration | PET | 42.1                       | 39.0   | 0.014              | 0.003   |
|                    | Evapotranspiration           | ET  | 39.4                       | 37.0   | 0.009              | 0.002   |
|                    | Temperature [°C]             | T   | 5.9                        | 4.9    | 0.004              | 0       |

## Literatura

[1] SVOBODA, M. *Hydrologická bilance povodí se zaměřením k využití podzemních vod*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1969

[2] HYNIE, O. *Zajištění vodních zdrojů skupinového vodovodu pro Hradec Králové a okolí v Polické křídové pánvi. Palivo a voda*. 1949, roč. 29, č. 7

[3] KLINER, K. *Rozdělení srážek na evapotranspiraci a tvorbu podzemních vod metodou komplexní bilance povodí*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1971

[4] UHLÍK, J. *Analýza klimatické změny v povodí Horní Metuje po Hronov*. Roztoky u Prahy: PROGEO, 2008

[5] KNĚŽEK, V. *Závěrečné zhodnocení Pitná voda*. Praha: Vodní zdroje, 1975

[6] KRÁSNÝ, J. *Optimalizace využívání a ochrany podzemních vod s ohledem na ostatní složky životního prostředí: Polická pánev*. Praha: Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užitá geofyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, 1995

[7] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. *Nové možnosti modelu Bilan. Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2015, roč. 57 (4–5), s. 7–10

The base flow component is not very significant in decreasing groundwater storage. The overall decrease in groundwater storage over the period from the beginning of 2014 until the end of 2019 amounted to 38.7 mm. A decrease in the volume of groundwater by 2.88 mil. m<sup>3</sup> corresponds with this decline. Tab. 3 presents a comparison of long-term balances of the upper Metuje basin over the whole observation period of 1970–2019.

Atmospheric precipitation over the whole monitored period shows a moderate decline, which is however not permanent in nature as opposed to the rising temperature. In the period of 1970–2013 before the drought started, the monthly precipitation total grew by 0.009 mm. When the observation period is evaluated by decades, it may be noted that precipitation saw a rise in three decades and a decline in two decades whereas air temperature increased in all the decades.

## Autor

**Jan Kašpárek**

✉ jan.kasperek@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5391-1540a

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.05.001

There is a clear impact of an increase in evaporation and a corresponding decline in runoff as a result of rising air temperature. When the trends are compared, it may be determined that runoff declines by 2.5 mm when temperature increases by 1°C.

The long-term trend of a decline in base flow as a result of a rising contribution of evaporation stands at 0.007 mm/month (if the drought of 2014–2019 and the cold year 1971 at the beginning of the observation are not included, the trend in the period of 1972–2013 stands at 0.006 mm/month). The lower value of a decline in runoff of 0.006 mm/month corresponds with a trend of a decline in discharge at the M XII profile of 2 l/s/year. The base flow value is significant with regard to water supply. Groundwater runoff was maintained in the Teplice outflow zone throughout the whole drought period of 2014–2019. The lowest measured value of abundance of the Teplice outflow zone stood at 150 l/s and the smallest calculated value was around 100 l/s. In periods of drought, the Teplice outflow zone contributes to the total base flow from the upper Metuje basin by one half. If runoff continues to decrease, problems will occur in the future with the amount of surface water. If there is a larger decline or if the natural runoff in the Teplice outflow zone ceases to exist and its function changes from a recharge to a deficit one, problems may also arise with groundwater quality in the vicinity of the water supply sites.

## CONCLUSION

The primary cause of drought in the period of 2014–2019 was a decrease in average monthly atmospheric precipitation by 8.6 mm/month in the upper Metuje basin in comparison with the long-term average. The monthly average precipitation total in the period of drought stood at 60 mm/month, of which 40 mm was evaporated and 21 mm of water flew away from the catchment area or was used for water supply (1 mm of the flown-away water comes from the decreasing groundwater storage). The impact of a long-term increase in air temperature is significant. If warming had not been taking place, only 36 mm/month would have evaporated according to a model simulation and the value of the (base) monthly runoff would have been by 4 mm larger. This increase corresponds with an increase in discharge at the M XII profile by 110 l.s<sup>-1</sup>.

Warming has been manifesting itself by a decline in runoff from the catchment area long-term, not only in the extreme period of 2014–2019. Measures aimed at mitigating this unfavourable trend may lower evaporation and surface runoff in favour of groundwater recharge. This would increase base flow in the river system. Positive measures in the landscape include appropriately located ponds and deep pools that enable water accumulation and especially its seepage into groundwater. On the contrary, wetlands and shallow reservoirs in drainage areas may have a rather negative effect since they support evaporation. Measures in the landscape should therefore be expertly assessed from a hydrological and hydrogeological perspective.

# Analýza vývoje zemědělské krajiny ve vybraných katastrálních územích v horní části povodí Výrovky

PAVEL RICHTER

**Klíčová slova:** archivní mapy – GIS – land use – mokřady – voda v krajině – zemědělství

## SOUHRN

V tomto článku jsou ve vybraných katastrálních územích s převažující plochou zemědělské půdy porovnávány aktuální land use a struktura krajiny s historickým stavem z podkladů Císařských povinných otisků stabilního katastru. Jsou zde nastíněny možnosti využití analýz historického vývoje krajiny ke krajinné obnově v zemědělských oblastech, zejména s ohledem na obnovu mokřadních ekosystémů a revitalizaci vodních toků.

## ÚVOD – ZMĚNY V KRAJINĚ A ZMĚNY MOKŘADŮ V KONTEXTU KRAJINY

Krajina se neustále mění. Mění se mj. i její využití a prostorové uspořádání. Tyto změny jsou následkem jak geologických a klimatických procesů, tak i následkem působení člověka na krajinu [1]. V krajině tak můžeme vidět také známky působení různých archeologických kultur, odlišných ekonomických situací a politických událostí [2]. Důležitou a běžnou součástí zemědělsky využívané krajiny byly v minulosti také mokřady, resp. mokré louky. Lokalizace a struktura mokřadů se v čase mění, stejně jako se mění krajina vlivem působení přírodních, ale hlavně antropogenních faktorů. V minulosti lidé na území současné ČR využívali mokřadní biotopy pro svůj prospěch, aniž by je tím ohrožovali nebo do nich nevhodně zasahovali. Pravidelně kosili mokřadní louky a sekali rákos. Pomocí melioračních příkopů zároveň udržovali optimální vlhkost přírodních mokřadů. V současné době se – až na výjimky – většinou ze strany orgánů ochrany přírody a krajiny nic podobného neděje. Z naší země tak mokřady, nepočítáme-li rybníky a některé lokality ve zvláště chráněných územích, takřka vymizely [3].

Historické porozumění vzniku mokřadů a jejich dynamice je základním předpokladem pro efektivní opatření pro jejich management, ochranu a obnovu [4]. Vedle vyrovnávání průtoků a filtrace vod a ukládání sedimentů mokřady zmírňují nárazy záplav, redukují erozi a zlepšují kvalitu vody ve vodních tocích. Rozpuštěné nutrienty stejně jako sedimenty z vyvýšených oblastí procházejí na své cestě do říční sítě mokřady a břehovými porosty, kde se postupně odbou-  
rávají [5–7].

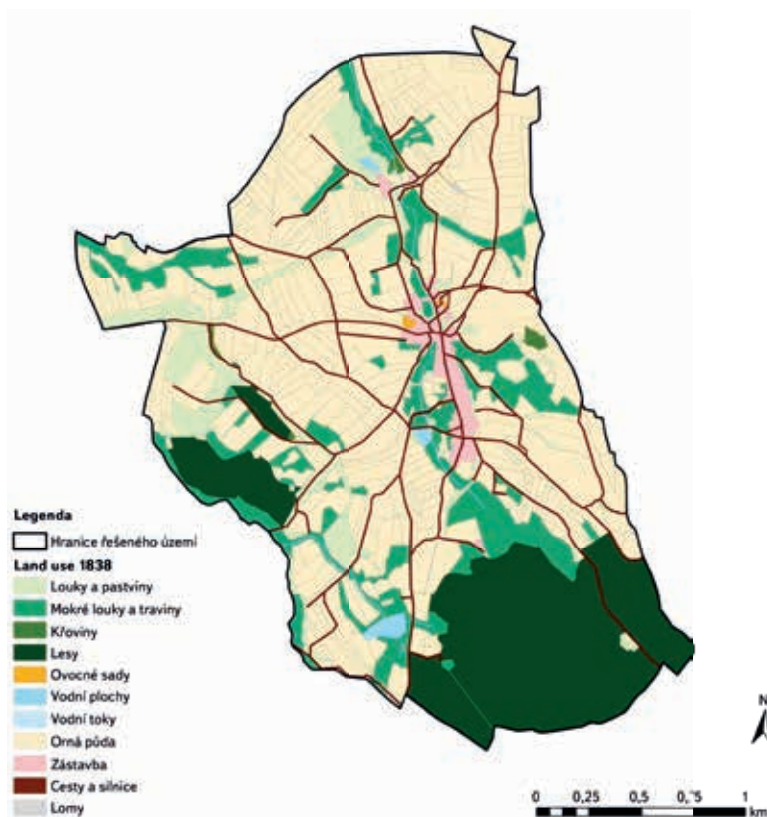
Nicméně pozitivní role mokřadů byla podceňována, a tudíž v průběhu 20. století byly celosvětově mokřadní plochy odvodňovány, zejména pro zemědělské využití. Je odhadováno, že bylo  $1,9 \times 10^6$  km<sup>2</sup> z celosvětových přírodních mokřadů přeměněno na jiný typ land use [8]. Prakticky všechny řeky a jejich povodí v rozvinutých zemích byly vystaveny změnám. Byly realizovány projekty

extenzivního odvodňování ploch (meliorace) nebo byla vyvinuta schémata regulace průtoků, a tím došlo k modifikaci koryt vodních toků. Přířímými dopady tohoto působení jsou strměji se svažující koryta, menší nerovnosti dna a z toho vyplývající vyšší průtoková rychlost. Nepřímými dopady jsou pak nižší samočisticí schopnost způsobená nedostatkem mokřadů a zkrácenou dobou toku, nestabilní mělčiny a také akumulace říčních sedimentů. V mnoha případech tato jednání měla za následek zvýšení frekvence a míry záplav, častější období sucha a vyšší stupeň znečištění. Nyní bývají negativní následky těchto činností uznávány a mokřady jsou celosvětově se vzrůstající frekvencí obnovovány, znovuzřizovány a chráněny [9].

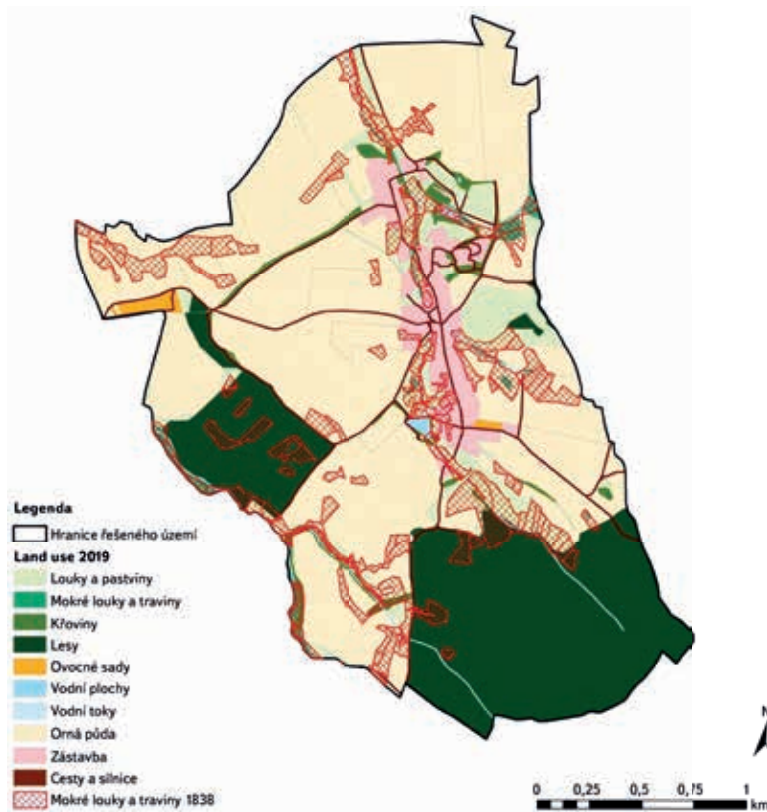


Obr. 1. Řešené území v historických a současných hranicích k. ú.

Fig. 1. Examined area in historical and current borders of cadastral territories



Obr. 2. Zobrazení historického land use v k. ú. Rašovice  
Fig. 2. Historical land use in cadastral territory of Rašovice



Obr. 3. Zobrazení historických mokřadů na podkladě současného land use v k. ú. Rašovice  
Fig. 3. Historical land use of wet meadows based on current land use in cadastral territory of Rašovice

Při hodnocení stavu krajiny a jejích změn lze použít buď land use, což znamená využití území, nebo land cover, což lze interpretovat jako krajinný pokryv. Ovšem definice obou termínů není zcela jednoznačná, resp. těchto definic je celá řada a některé z nich odrážejí také jejich vzájemnou propojenost. Jednou z nejbližších obecně používaných jednoduchých definic pojmu land use je účel, pro který je krajina využívána. V případě termínu land cover je obdobnou definicí pozorovaný, skutečný krajinný pokryv. V této práci bylo zvoleno hodnocení podle land use, protože to dává lepší možnost zahrnout způsob využití krajiny člověkem. Je to výhodnější řešení pro rozdělení travních porostů na mokré a „suché“ louky, lze určit i tzv. sukcesní plochy apod.

## GIS JAKO NÁSTROJ PRO PREDIKCI VHODNÝCH PLOCH K OBNOVĚ MOKŘADŮ

Pokračující klimatické změny mohou zhoršit problémy krajiny ve vztahu k extrémním hydrologickým událostem a míře znečištění. Nicméně cíle udržitelného využití sladkovodních zdrojů vyžadují nové přístupy ve vodním a říčním managementu v povodí, jež budou brát v úvahu také funkci mokřadů [9].

V současné době se zvyšuje počet aktivit zaměřených na obnovu mokřadů jako multifunkčních krajinných prvků. Mokřady jsou ceněny pro svůj vysoký retenční potenciál a jejich jedinečnou biologickou rozmanitost. Úspěch obnovy mokřadů však zřetelně závisí na výběru místa vhodného pro dosažení konkrétních cílů obnovy. K tomu lze jako vhodný nástroj využít geografické informační systémy (GIS), které se stávají čím dál více užitečným nástrojem při realizaci environmentálního managementu [10].

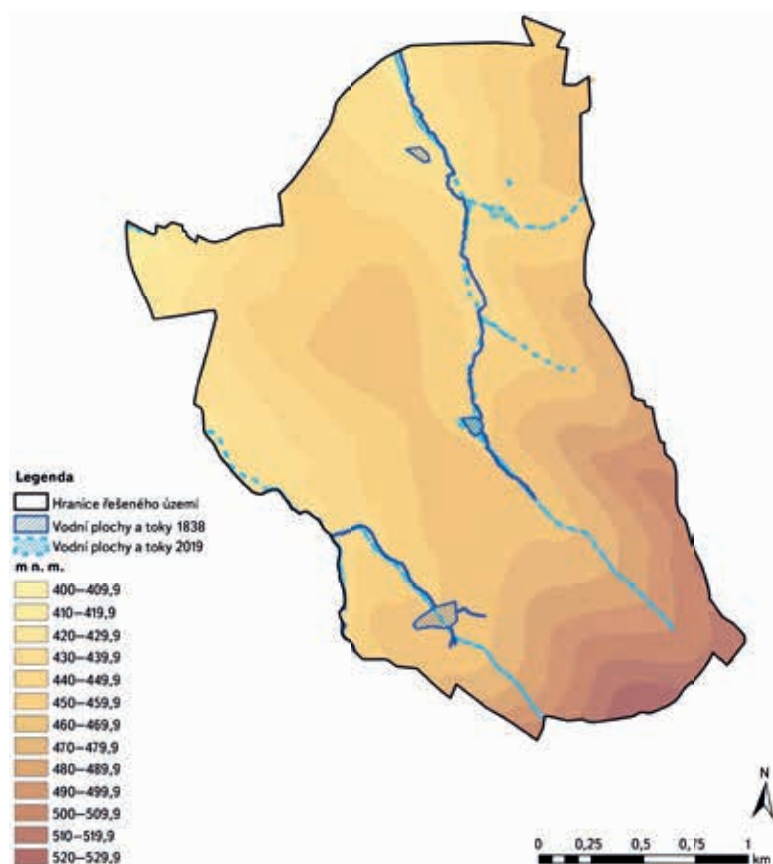
## ŘEŠENÉ ÚZEMÍ

Krajinný vývoj byl hodnocen na území sousedních historických katastrálních území (k. ú.) Rašovice, Mančice, Žišov, Chmeliště a Staňkovice. Hodnocenou lokalitou je území o celkové výměře 2 444,94 ha. Nadmořská výška tohoto území se pohybuje mezi 380 a 530 metry. Oblast se nachází na horním toku Výrovky v povodí Labe a leží v mírně vlnité planině klesající pozvolna do Polabské nížiny. Do bezprostřední blízkosti lokality zasahují z jihovýchodu poslední výběžky Českomoravské vrchoviny a Středočeské pahorkatiny. Z hlediska pedologického se na území vyskytují, podle klasifikace komplexního průzkumu půd (KPP), plochy hnědé půdy, ilimerizované půdy a oglejené půdy, v okolí vodních toků se nacházejí drnoglejová půda a nivní půda glejová [11]. Hodnocená oblast leží převážně v klimatickém regionu MT2 (mírně teplý, mírně vlhký), jen převážná část k. ú. Rašovice a malá část lesních pozemků v k. ú. Staňkovice se nachází v klimatickém regionu MT4 (mírně teplý) [12]. Z dat, jimiž jsou charakterizovány klimatické regiony v rámci BPEJ [13], vyplývá, že se oba klimatické regiony v oblasti teplot liší jen nepatrně, ale v oblasti srážek a hrozícího sucha se převážná část řešeného území nachází v méně příznivém klimatickém regionu (tab. 1). Dle správního členění patří toto území k okresu Kutná Hora ve Středočeském kraji.

Řešená k.ú. prošla určitými změnami ohledně jejich hranic. Nejmarkantnějšími změnami prošlo k. ú. Rašovice, jehož oficiální název je nyní Rašovice u Uhlířských Janovic. K. ú. Rašovice prošlo od roku 1839 několika proměnami, původní území z roku 1839 zasahovalo na jižním okraji až k obci Sudějov, jednalo se převážně o lesní pozemky. Toto území patří v současnosti k. ú. Sudějov. Další změnou prošla hranice s k. ú. Uhlířské Janovice. Do roku 2006 byly provedeny drobné změny, zřejmě v důsledku změny koryta Annenského potoka, jenž tvořil v roce 1839 podstatnou část hranice mezi těmito k. ú. Po roce 2006 došlo pak k výměně části území mezi k. ú. Rašovice a k. ú. Uhlířské Janovice. Jednalo se opět o důsledky změny koryta vodního toku a také o pozemky orné půdy, kde hranice vedla uprostřed polí po hranici pozemků. Jelikož však tyto hranice

Tab. 1. Charakteristika klimatických regionů v řešeném území  
 Tab. 1. Characteristics of climatic regions in the examined area

| Kód regionu | Charakteristika regionu  | Suma teplot nad 10 °C | Průměrná roční teplota [°C] | Průměrný roční úhrn srážek [mm] | Pravděpodobnost suchých vegetačních období [%] |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| MT2         | mírně teplý, mírně vlhký | 2200–2500             | 7–8                         | 550–650(700)                    | 15–30                                          |
| MT4         | mírně teplý, vlhký       | 2200–2400             | 6–7                         | 650–750                         | 5–15                                           |



Obr. 4. Porovnání historické a současné lokalizace vodních ploch a toků v k. ú. Rašovice  
 Fig. 4. The comparison of historical and current localization of water reservoirs and watercourses in cadastral territory of Rašovice

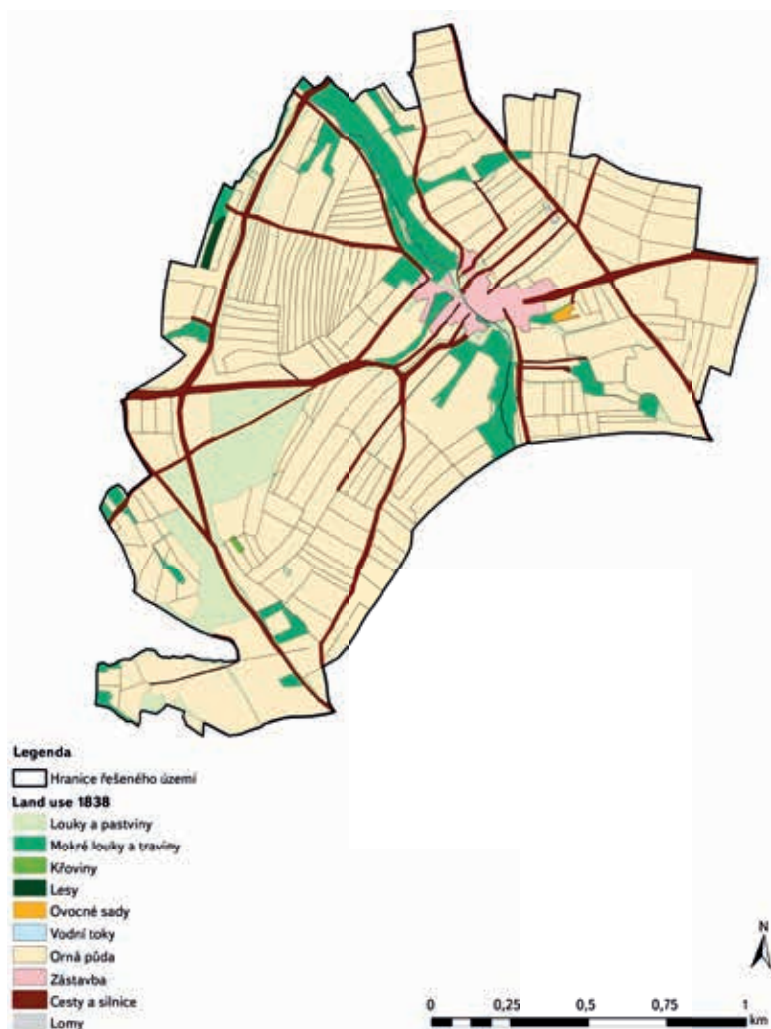
nemají v současné době větší význam a nacházejí se na území velkých obhospodařovaných ploch, došlo ke směně pozemků a posunutí hranic k lesu, resp. vodnímu toku. Obdobně došlo ke směně mezi k. ú. Rašovice a k. ú. Křečovice, kde se jednalo jen o menší pozemky zemědělské půdy a došlo k vyhlazení linie vzájemných hranic v lokalitě poblíž Netušilu. Poslední změnou bylo převedení větší plochy orné půdy z k. ú. Mančice pod k. ú. Rašovice. Většími změnami prošlo také k. ú. Mančice, ale tyto změny byly ve značné míře v souvislosti se změnami k. ú. Rašovice [14, 15]. Hranice k. ú. Žišov, Chmeliště a Staňkovice nedoznaly takřka žádných změn. Podstatnou změnou byl ale vznik k. ú. Blato na části historického k. ú. Staňkovice. Historické a současné hranice k. ú. v řešeném území jsou znázorněny na obr. 1. Ačkoli v současné době všechna řešená k. ú. patří k jednomu kraji (Středočeskému) a okresu (Kutná Hora), historicky patřila k. ú. Rašovice, Mančice a Žišov ke kraji Čáslavskému, zatímco k. ú. Chmeliště a Staňkovice náležela ke kraji Kouřimskému.

Tab. 2. Rozdělení ploch v řešeném území podle land use včetně jejich stručné specifikace  
 Tab. 2. Distribution of the examined area according to the land use, including its brief specification

| Land use                           | Specifikace                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Plochy relativně stabilní</b>   |                                                                 |
| <b>Louky a pastviny</b>            | Louky, pastviny a zemědělsky nevyužívané zatravněné plochy      |
| <b>Mokré louky</b>                 | Podmáčené lokality s travním porostem                           |
| <b>Křoviny</b>                     | Dřevinná společenstva, jež nebyla klasifikována jako les či sad |
| <b>Sukcesní plochy</b>             | Plochy ponechané sukcesi (převážně ruderální lokality)          |
| <b>Lesy</b>                        | Plochy se zapojenou dřevinnou vegetací                          |
| <b>Ovocné sady</b>                 | Ovocné sady včetně zahrad mimo intravilán                       |
| <b>Vodní plochy</b>                | Rybničky a nádrže                                               |
| <b>Vodní toky</b>                  | Potoky a odvodňovací kanály                                     |
| <b>Plochy relativně nestabilní</b> |                                                                 |
| <b>Orná půda</b>                   | Pravidelně obdělávaná půda                                      |
| <b>Zástavba</b>                    | Intravilán obcí včetně zahrad, vyjma komunikací                 |
| <b>Cesty a silnice</b>             | Silnice všech tříd, polní a lesní cesty                         |
| <b>Lomy</b>                        | Kamenolomy                                                      |
| <b>Těžební prostory</b>            | Zde oficiálně nezrušený těžební prostor cihelny                 |
| <b>Skládky</b>                     | Skládky komunálního nebo stavebního odpadu                      |
| <b>Železnice</b>                   | Železniční trať včetně náspů                                    |

## METODIKA

Vzhledem k obecně známým skutečnostem a trendům týkajícím se vývoje zemědělsky využívané krajiny na území současné ČR a historickým souvislostem (např. zameňování vodních ploch, kolektivizace zemědělství, socializace venkova, napřimování vodních toků, meliorace, likvidace mokřadů a niv vodních toků) směřujícím k získání dalších ploch orné půdy a jejímu snadnějšímu



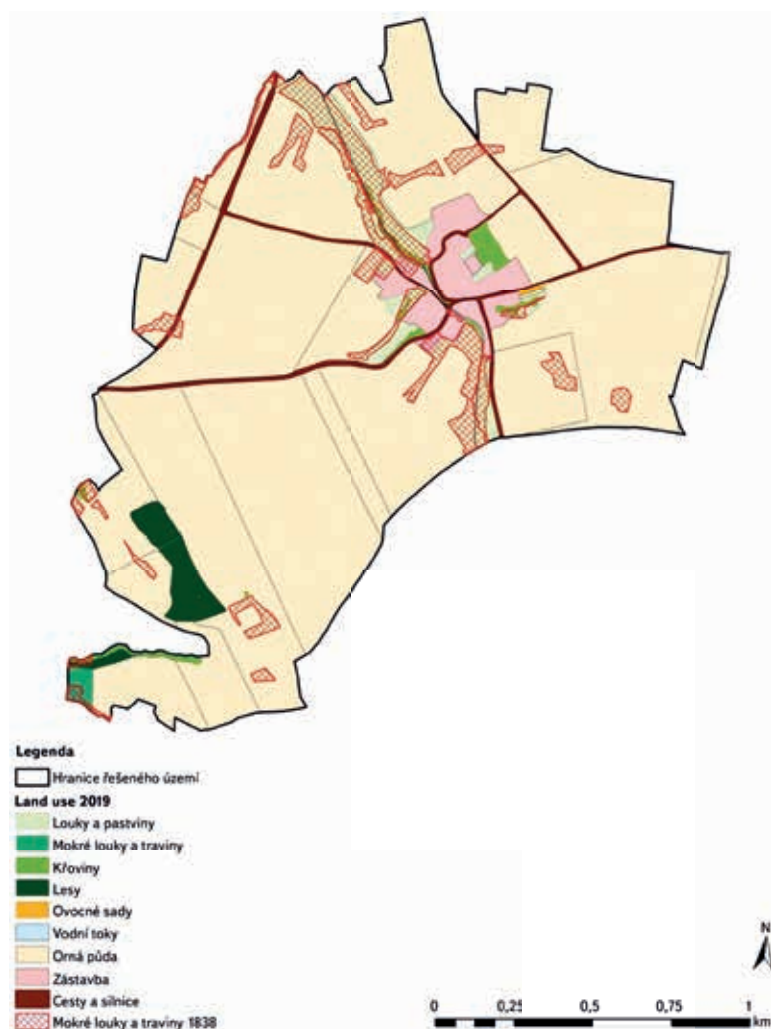
Obr. 5. Zobrazení historického land use v k. ú. Mančice  
Fig. 5. Historical land use in cadastral territory of Mančice

obhospodařování stále robustnější technikou byly stanoveny očekávané trendy ve vývoji krajiny v řešeném území. V rámci hodnocení vývoje krajiny v tomto území byly řešeny tyto hlavní výzkumné otázky a hypotézy:

- H1: V řešeném území se výrazně zmenšila rozloha mokrých luk. Toto snížení je výraznější v části patřící do klimatického regionu MT2 oproti části patřící do klimatického regionu MT4.
- H2: V řešeném území se u land use orná půda zvětšila celková rozloha, průměrná velikost plošky a snížil se počet plošek.
- H3: V řešeném území se zmenšila rozloha vodních ploch.
- H4: V řešeném území se zkrátila délka vodních toků.

## Podklady pro zpracování dat

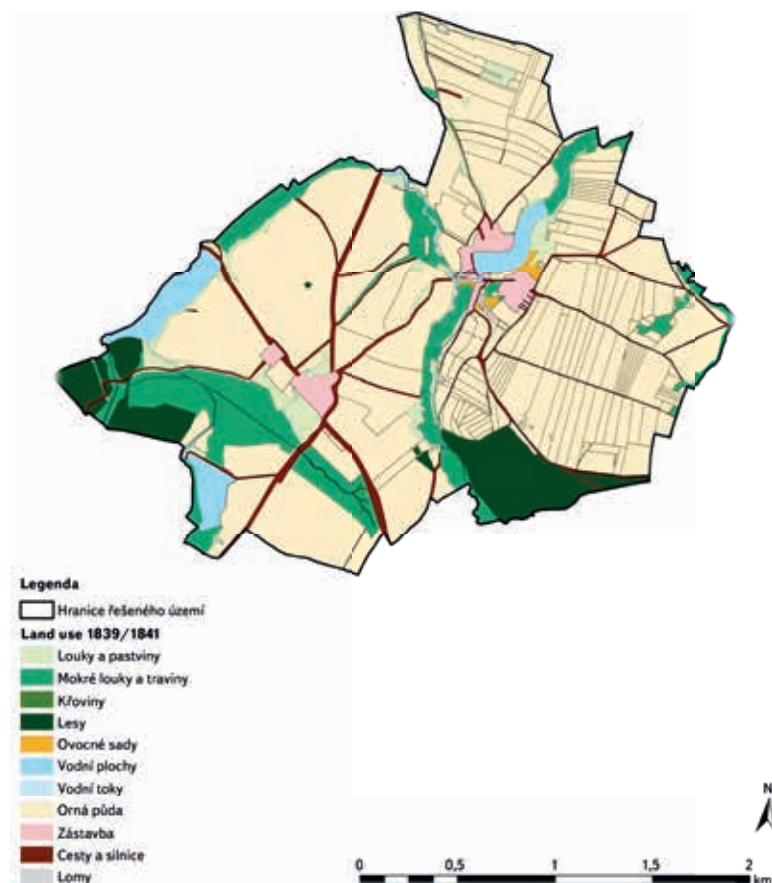
Základním podkladem pro tvorbu vektorové vrstvy pro analýzu vývoje řešených území byly mapové listy Císařských povinných otisků stabilního katastru (znázorňující stav v roce 1838, resp. 1841 v měřítku 1 : 2880) [16] a souřadnicově připojená ortofotomapa (z roku 2019) a Základní mapa ČR 1 : 10 000 (ZM 10), obě dostupné na Geoportálu ČÚZK [17] prostřednictvím WMS služby.



Obr. 6. Zobrazení historických mokrých luk na podkladě současného land use v k. ú. Mančice  
Fig. 6. Historical land use of wet meadows based on current land use in cadastral territory of Mančice

## Použité programy a zpracování dat

Georeferencování archivních mapových podkladů a připojení současných podkladů pomocí WMS služby a následná tvorba polygonové vrstvy formátu *.shp* proběhlo v prostředí ArcGIS, konkrétně v programu ArcMAP 10.7.1. Každý polygon byl přesně definován svým identifikačním číslem a rokem, ve kterém se v území vyskytoval. Podle údaje o příslušnosti k roku došlo k vyobrazení hranic jednotlivých polygonů. Prvotní zpracování dat proběhlo v prostředí GIS, jednalo se o výpočet plochy polygonů a délek linií. Výsledné hodnoty byly poté vyexportovány do prostředí programu Microsoft Excel 2016 a zde byly promítnuty do tabulek. V rámci zpracování těchto mapových a tabelárních výstupů jsou tu prezentovány výsledky týkající se změny rozlohy, resp. délky a lokalizace mokrých luk, vodních ploch a vodních toků. V tabulce jsou také zveřejněny údaje o vývoji rozlohy orné půdy jako hlavního ukazatele rozsahu zemědělského hospodaření.



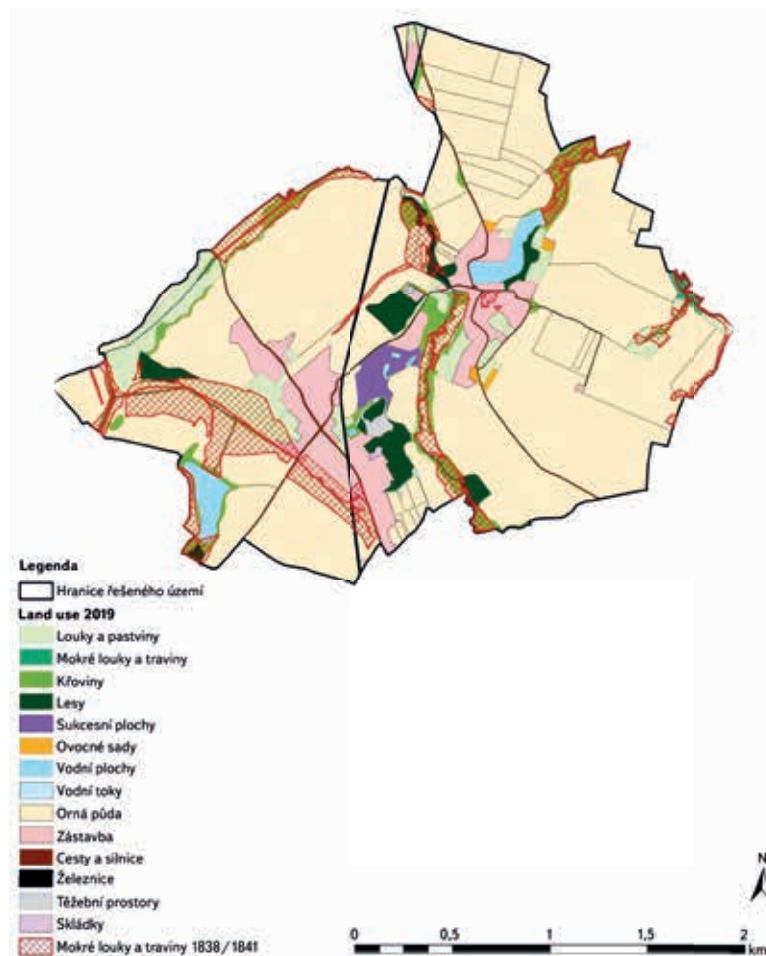
Obr. 7. Zobrazení historického land use v k. ú. Chmeliště a Žišov

Fig. 7. Historical land use in cadastral territories of Chmeliště and Žišov

## HODNOCENÍ VÝVOJE KRAJINY A VYMEZENÍ LAND USE TYPŮ

Vyhodnocení proběhlo pro jednotlivá k. ú. podle historických hranic. Výjimkou bylo sloučení k. ú. Chmeliště a Žišov z důvodu lepšího vyhodnocení krajinných struktur. A to přesto, že každé území má historické mapové podklady z jiného roku. Hranici mezi těmito katastry totiž tvoří vodní tok Výrovka, a z hlediska krajinných struktur tedy tvoří kompaktní území. A změna byla také u k. ú. Rašovice, kde se již nepočítalo s lesnatým výběžkem území připojeným později ke k. ú. Sudějov.

V řešeném území bylo vymezeno 15 land use typů a ty pak byly dále děleny z hlediska ekologické stability na plochy relativně stabilní a relativně nestabilní (tab. 2). Vymezení land use typů vycházelo z legendy historických mapových podkladů stabilního katastru. Navíc byly vymezeny land use typy „Sukcesní plochy“, a také „Železnice“, „Těžební prostory“ a „Skládky“. Za sukcesní plochy byly považovány plochy, jež se budou v blízké budoucnosti zřejmě klasifikovat jako křoviny a které jsou – vědomě či mimoděk – ponechány sukcesnímu vývoji. Zde se jednalo o vytěžené území cihelny ve Chmelišti, jež bylo ponecháno sukcesi v sousedství několika nově vzniklých malých vodních ploch. A také o některé plochy v okolí staveb bývalých či současných zemědělských družstev. Mokré louky byly v současnosti určeny na základě mapových podkladů ZM10, současné ortofotomapy a terénního průzkumu. Orná půda je rozdělena na jednotlivé plochy podle pěstovaných plodin, nikoli podle vlastnické struktury, zatímco v roce 1838, resp. 1841, byly zaznamenány všechny plošky tak, jak jsou zakresleny v mapách



Obr. 8. Zobrazení historických mokrých luk na podkladě současného land use v k. ú. Chmeliště a Žišov

Fig. 8. Historical land use of wet meadows based on current land use in cadastral territories of Chmeliště and Žišov

Císařských otisků stabilního katastru. U všech land use typů, s výjimkou vodních toků, byly vypočteny a následně vyhodnoceny následující charakteristiky:

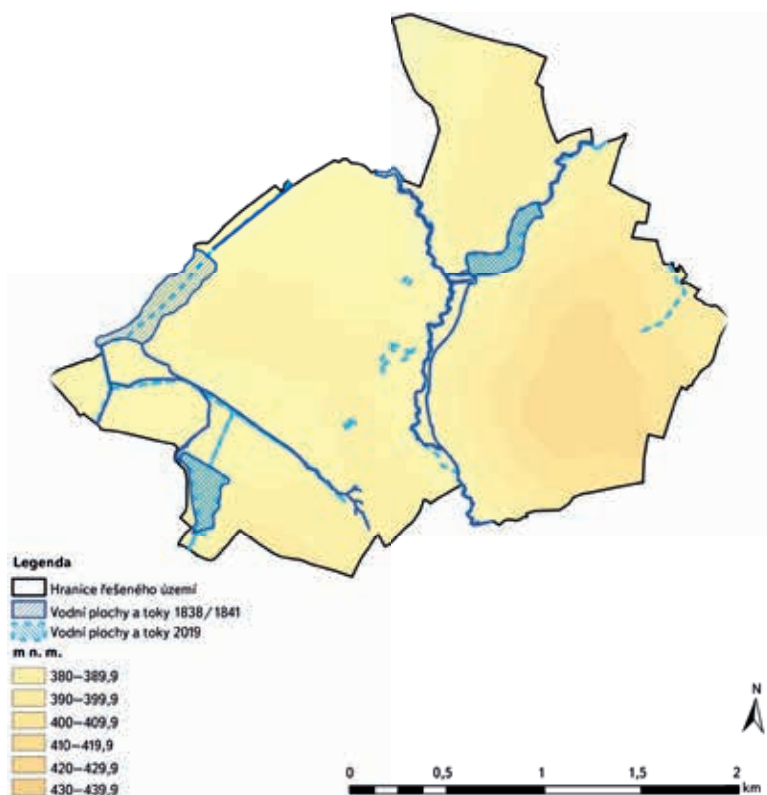
- rozloha jednotlivých land use typů [ha]
- počty plošek jednotlivých land use typů [ks]
- průměrná velikost plošky land use typu [ha]
- poměr rozlohy land use typu k celkové ploše řešeného území [%]
- poměr rozlohy land use typu k výchozímu stavu téhož land use typu v roce 1838, resp. 1841 [%]

U land use typu vodní toky byly charakteristiky týkající se počtu a velikosti plošek nahrazeny údajem o souhrnné délce těchto typů na řešeném území. Hodnocení změn struktury krajiny na úrovni land use bylo provedeno na základě porovnání a následné kvantifikace dat v jednotlivých časových obdobích.

## VÝSLEDKY

Pro všechna řešená k. ú. je společným znakem výrazný pokles počtu plošek orné půdy a mokrých luk. Zatímco ale také významně vzrostla průměrná velikost plošek orné půdy, u mokrých luk je průměrná velikost plošky v současnosti stejná nebo téměř stejná jako v minulosti s výjimkou k. ú. Staňkovice, kde je v současnosti zhruba třetinová v porovnání s historickou hodnotou (tab. 3).





Obr. 9. Porovnání historické a současné lokalizace vodních ploch a toků v k. ú. Chmeliště a Žišov

Fig. 9. The comparison of historical and current localization of water reservoirs and watercourses in cadastral territories of Chmeliště and Žišov

## RAŠOVICE

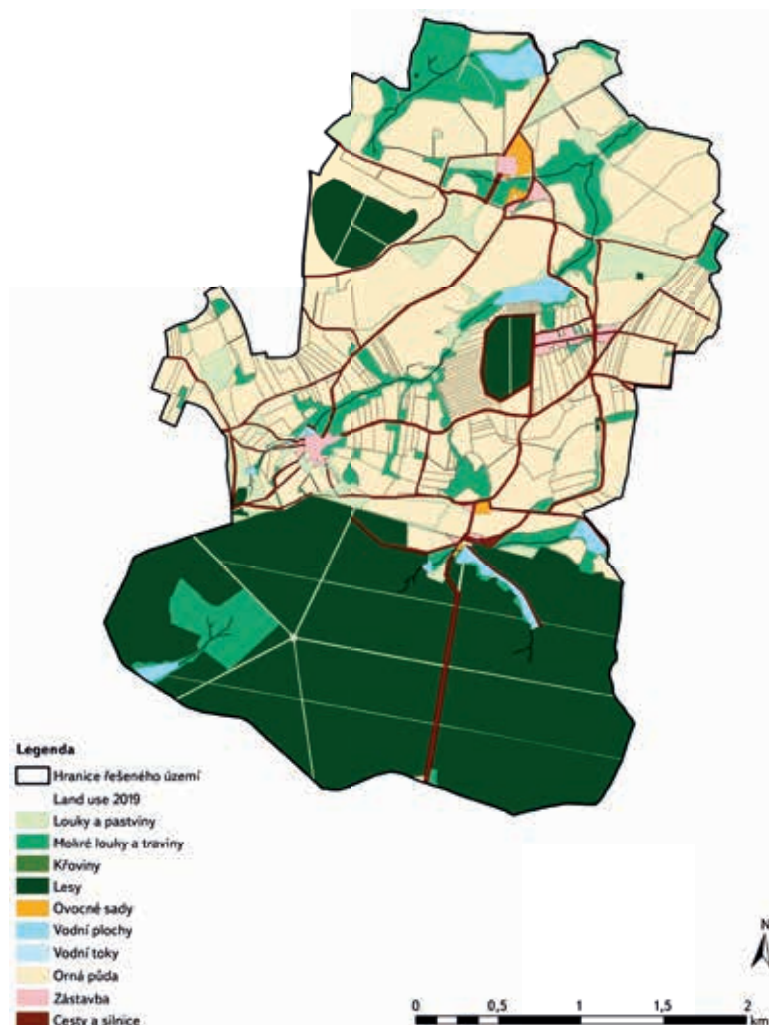
Současný název území je Rašovice u Uhlířských Janovic. Na tomto území došlo k výraznému úbytku mokřáků na 79 % historické rozlohy a zároveň k mírnému úbytku orné půdy; vodní plochy přišly o polovinu své historické rozlohy. Vodní toky měly rozlohu totožnou a kupodivu měly také větší délku v současnosti než v minulosti (tab. 3, obr. 4). Mokřáků byly nahrazeny převážně ornou půdou, v menší míře pak loukami, lesem a zástavbou (obr. 2 a 3).

## MANČICE

Současný název území je Mančice u Rašovic, jedná se o typicky zemědělsky využívané území, kde je v podstatě pouze zástavba a orná půda. Zde došlo k nárůstu plochy orné půdy a mokřáků téměř vymizely. Jsou nahrazeny převážně ornou půdou, ale také loukami při vodních tocích (obr. 5 a 6). Vodní plochy se zde nevyskytovaly a vodní toky mají téměř totožnou délku, jejich plocha je však v současnosti zhruba poloviční (tab. 3).

## CHMELIŠTĚ A ŽIŠOV

Zde došlo k nárůstu plochy orné půdy a velkému úbytku mokřáků a vodních ploch. Vodní toky jsou oproti minulosti kratší a zauímají výrazně menší plochu (tab. 3, obr. 9). Bývaly napřimovány již v minulosti, ovšem bylo to v rámci jejich lokalizace uprostřed mokřáků. Mokřáků byly nahrazeny převážně ornou půdou, ale též zástavbou, křovinami a lukami (obr. 7 a 8).



Obr. 10. Zobrazení historického land use v k. ú. Staňkovice

Fig. 10. Historical land use in cadastral territory of Staňkovice

## STAŇKOVICE

Na území historického k. ú. Staňkovice se v současné době nacházejí k. ú. Staňkovice a Bláto. Na tomto území došlo k výraznému nárůstu plochy orné půdy a velkému úbytku mokřáků. Vodní plochy se zmenšily zhruba o pětinu. Vodní toky mají téměř totožnou délku, ale plocha je v současnosti zhruba třetinná (tab. 3, obr. 12). Mokřáků byly nahrazeny převážně ornou půdou, v menší míře lesem, vodní plochou, loukami a křovinami (obr. 10 a 11).

## DISKUZE

Při zvoleném hodnocení krajiny podle land use docházelo k určitým rozdílům oproti tomu, kdyby bylo hodnocení provedeno podle land cover. Například podmáčená lokalita v k. ú. Rašovice na místě historického prameniště nebyla hodnocena jako sukcesní plocha, i když to lépe odpovídá skutečnosti. Ovšem na současné ZM 10 je stále zobrazena jen orná půda a snahou zemědělců obhospodařujících tento pozemek bylo (v době zpracování výsledků) tuto lokalitu stále obdělávat. Pokud by tato lokalita byla uznána jako sukcesní plocha, v případě jejího managementu spíše jako mokřák, zmenšila by se současná rozloha land use hodnoceného jako orná půda v k. ú. Rašovice o téměř 2 ha, tj. o 0,66 %. Rovněž jde o určení sukcesních ploch ve stále ještě nezrušeném

Tab. 3. Vyhodnocení vývoje vybraných krajinných struktur na řešeném území  
 Tab. 3. Evaluation of the development of selected landscape structures in the examined area

#### Rašovice (547,24 ha)

| Land use                      | Orná půda |      | Mokré louky |      | Vodní plochy |      | Vodní toky |      |
|-------------------------------|-----------|------|-------------|------|--------------|------|------------|------|
|                               | 1838      | 2019 | 1838        | 2019 | 1838         | 2019 | 1838       | 2019 |
| Výměra [ha]                   | 303,6     | 299  | 69,3        | 5,5  | 2,6          | 1,3  | 1,2        | 1,4  |
| Počet plošek [ks]             | 469       | 32   | 141         | 14   | 3            | 3    | –          | –    |
| Průměrná velikost plošky [ha] | 0,7       | 9,4  | 0,5         | 0,4  | 0,9          | 0,4  | –          | –    |
| Délka [km]                    | –         | –    | –           | –    | –            | –    | 5,33       | 6,99 |
| Poměr k celkové ploše [%]     | 55,5      | 54,6 | 12,7        | 1    | 0,5          | 0,2  | 0,2        | 0,2  |
| Výměra proti roku 1838 [%]    | 100       | 98,5 | 100         | 7,9  | 100          | 45,7 | 100        | 117  |

#### Mančice (246,9 ha)

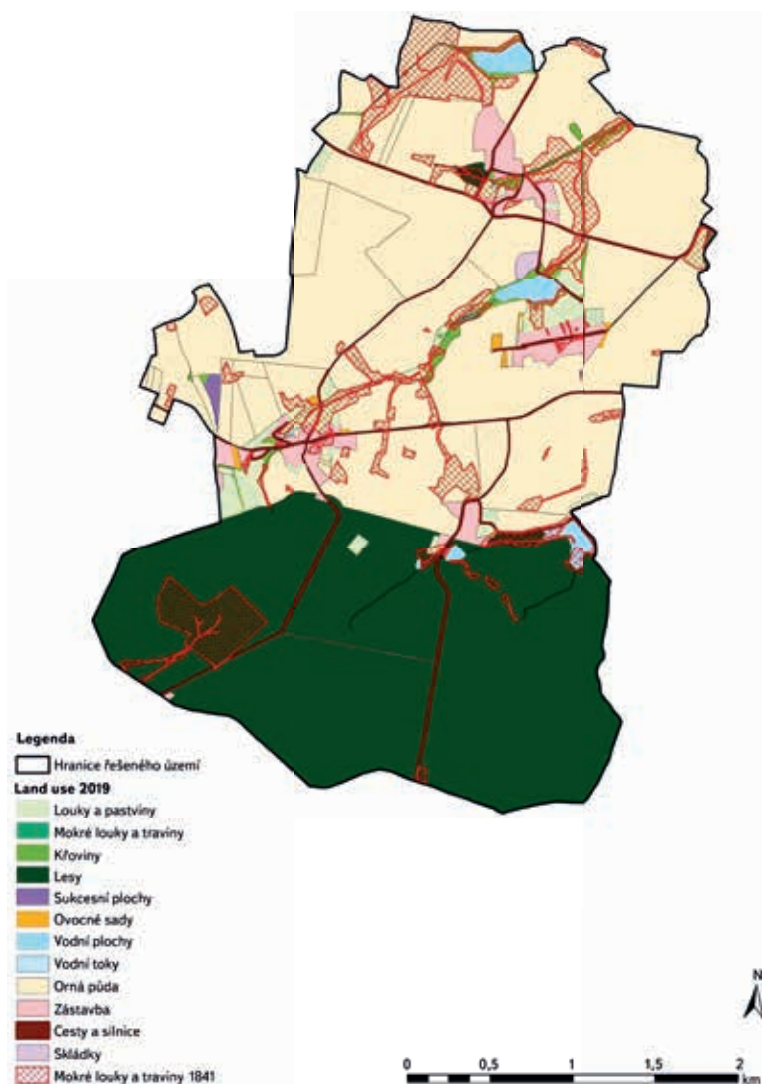
| Land use                      | Orná půda |       | Mokré louky |      | Vodní plochy |      | Vodní toky |      |
|-------------------------------|-----------|-------|-------------|------|--------------|------|------------|------|
|                               | 1838      | 2019  | 1838        | 2019 | 1838         | 2019 | 1838       | 2019 |
| Výměra [ha]                   | 189,2     | 212,1 | 18,4        | 0,7  | –            | –    | 0,5        | 0,2  |
| Počet plošek [ks]             | 237       | 23    | 31          | 1    | –            | –    | –          | –    |
| Průměrná velikost plošky [ha] | 0,8       | 9,2   | 0,6         | 0,7  | –            | –    | –          | –    |
| Délka [km]                    | –         | –     | –           | –    | –            | –    | 1,5        | 1,4  |
| Poměr k celkové ploše [%]     | 76,6      | 85,9  | 7,5         | 0,3  | –            | –    | 0,2        | 0,1  |
| Výměra proti roku 1838 [%]    | 100       | 112,1 | 100         | 3,8  | –            | –    | 100        | 40   |

#### Chmeliště a Žišov (528,7 ha)

| Land use                        | Orná půda |       | Mokré louky |      | Vodní plochy |      | Vodní toky |      |
|---------------------------------|-----------|-------|-------------|------|--------------|------|------------|------|
|                                 | 1838/41   | 2019  | 1838/41     | 2019 | 1838/41      | 2019 | 1838/41    | 2019 |
| Výměra [ha]                     | 353,5     | 372,3 | 60,1        | 1,5  | 18,5         | 10,1 | 4,2        | 0,9  |
| Počet plošek [ks]               | 217       | 58    | 40          | 1    | 3            | 7    | –          | –    |
| Průměrná velikost plošky [ha]   | 1,6       | 6,4   | 1,5         | 1,5  | 6,2          | 1,4  | –          | –    |
| Délka [km]                      | –         | –     | –           | –    | –            | –    | 8,33       | 7,1  |
| Poměr k celkové ploše [%]       | 66,9      | 70,4  | 11,4        | 0,3  | 3,5          | 1,9  | 0,8        | 0,2  |
| Výměra proti roku 1838/1841 [%] | 100       | 105,3 | 100         | 2,5  | 100          | 54,6 | 100        | 21   |

#### Staňkovice (1122,1 ha)

| Land use                      | Orná půda |       | Mokré louky |      | Vodní plochy |      | Vodní toky |      |
|-------------------------------|-----------|-------|-------------|------|--------------|------|------------|------|
|                               | 1841      | 2019  | 1841        | 2019 | 1841         | 2019 | 1841       | 2019 |
| Výměra [ha]                   | 453,8     | 570,8 | 109,5       | 1    | 19,5         | 14,4 | 2          | 0,7  |
| Počet plošek [ks]             | 322       | 49    | 80          | 2    | 15           | 9    | –          | –    |
| Průměrná velikost plošky [ha] | 1,41      | 11,7  | 1,4         | 0,5  | 1,3          | 1,6  | –          | –    |
| Délka [km]                    | –         | –     | –           | –    | –            | –    | 7,9        | 7,5  |
| Poměr k celkové ploše [%]     | 40,5      | 50,9  | 9,8         | 0,1  | 1,8          | 1,3  | 0,2        | 0,1  |
| Výměra proti roku 1841 [%]    | 100       | 125,8 | 100         | 0,9  | 100          | 73,9 | 100        | 35   |

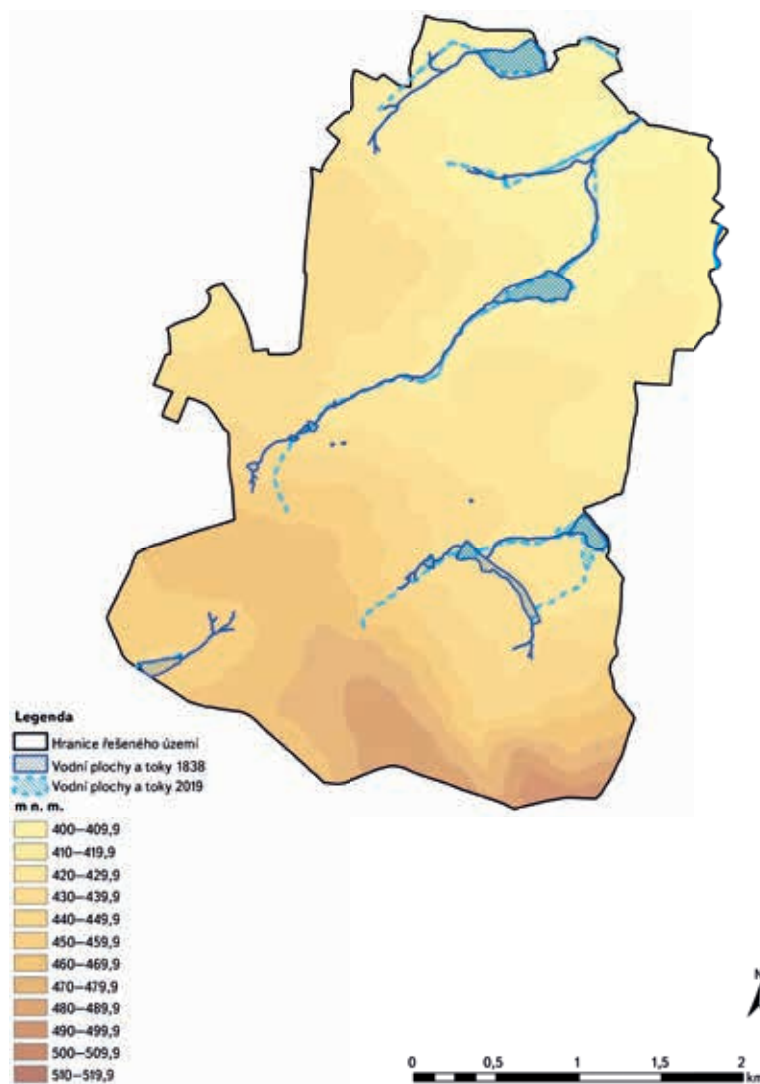


Obr. 11. Zobrazení historických mokřadů na podkladě současného land use v k. ú. Staňkovice

Fig. 11. Historical land use of wet meadows based on current land use in cadastral territory of Staňkovice

těžebním prostoru bývalé cihelny ve Chmelišti. Těžba v této části cihelny byla ukončena zřejmě začátkem 90. let 20. stol. Její plocha měla být rekultivována a navržena zemědělskému využití. Jelikož k tomu však bezprostředně po ukončení těžby nedošlo, byla zde plocha ponechána sukcesí. Když se začalo o rekultivaci (zavezení prostoru bývalé cihelny) opět jednat, již by to znamenalo velkou újmu pro přírodu. Proto byla nejcennější část cihelny v roce 2010 vykoupěna. V současné době probíhají jednání o trvalém vyjmutí pozemků ze zemědělského půdního fondu a změně rekultivačního plánu. Český svaz ochránců přírody vlastní souvislé území o celkové výměře 3,7 ha, zahrnující nejcennější část bývalé cihelny. Zde management plánuje nutné kroky pro zachování nejvzácnějších druhů, jež se v bývalé cihelně vyskytují, tedy částečně redukovat křoviny a rákosiny, které celou plochu postupně zarůstají, a zanášející se tůňky občas prohloubit či na vhodném místě vytvořit nové [18].

Při hodnocení hypotézy H1, kde byl potvrzen markantní úbytek mokřadů, mohlo dojít k mírnému zkeslení výsledků použitou metodikou hodnocení podle land use. Některé podmáčené lokality by se v případě hodnocení podle land cover mohly zařadit do mokřadů, případně sukcesních ploch. Nicméně kromě výše zmiňované lokality v k. ú. Rašovice se jednalo o několik drobných plošek do velikosti 0,01 ha. Pokud jde o podíl zastoupení současných mokřadů



Obr. 12. Porovnání historické a současné lokalizace vodních ploch a toků v k. ú. Staňkovice

Fig. 12. The comparison of historical and current localization of water reservoirs and watercourses in cadastral territory of Staňkovice

luk k historickým mokřadům, potvrdil se velký rozdíl u k. ú. Rašovice (MT4), a to 7,9 % oproti ostatním k. ú. patřícím do MT2. V k. ú. Staňkovice byl tento podíl jen 0,9 % a ve společně hodnoceném k. ú. Chmeliště a Žišov pak 2,5 %. Větší zastoupení v rámci těchto území bylo zřejmě způsobeno lokalizací vodního toku Výrovka. V k. ú. Mančice byl pak tento podíl větší, činil 3,8 %. Nicméně tento rozdíl byl zřejmě způsoben tím, že se jednalo pouze o jednu lokalitu současných mokřadů a celková plocha historických mokřadů v tomto území byla menší (7,5 % plochy k. ú.) než v ostatních územích (9,8–12,7 %).

Při stanovení hypotézy H2 ohledně land use orná půda bylo téměř jisté, že průměrné velikosti plošky se výrazně zvýší a jejich počet výrazně poklesne, avšak jak ukázaly mapy stabilního katastru v případě k. ú. Chmeliště a na současném k. ú. Bláto, tato skutečnost není v některých lokalitách tak samozřejmá. V případě celkové rozlohy land use orná půda již vstupují do hry další faktory a v případě k. ú. Rašovice nebyla tato hypotéza potvrzena – podíl současně orné půdy k historické je 98,5 %. Zde hrálo velkou roli zalesňování původních ploch orné půdy a velký rozvoj zástavby. Historické plochy mokřadů tu byly ve větší míře nahrazovány nejen ornou půdou, ale také křovinami a „suchými“ loukami, a nekompenzovaly tak úbytek orné půdy. Obdobně také v k. ú. Chmeliště a Žišov je podíl současně orné půdy k historické 105,3 %.

Tady je důvodem převažující změna land use mokré louky v „suché“ louky a křoviny v nivě Výrovky a také výrazný nárůst jak obytné, tak průmyslové zástavby (cihelna). Jedním z trendů je obytná zástavba na orné půdě, ovšem v případě k. ú. Chmeliště je tato orná půda lokalizována částečně i na místě historických mokrých luk. V k. ú. Mančice a Staňkovice byl nárůst plochy orné půdy opravdu výrazný (12,1 %, resp. 25,8 %).

Při hodnocení hypotézy H4 bylo potvrzeno zkrácení délky vodních toků s výjimkou k. ú. Rašovice, kde však byla tato skutečnost zřejmě dána pouze způsobem zakreslování drobných vodních toků na mapách stabilního katastru (viz níže). Ovšem toto zkrácení nebylo nijak výrazné. Částečně to vzniklo také tím, že na řešeném území se vyskytují neregulované úseky vodních toků (Výrovka mezi k. ú. Chmeliště a Žišov), a zároveň tím, že napřimování vodních toků bylo zaznamenáno již na mapách stabilního katastru. Nicméně zřejmě hlavním důvodem je skutečnost, že v řešeném území došlo ke snížení rozlohy vodních ploch. Ty byly samozřejmě budovány na vodních tocích. Z toho plyne, že přibližně v délce zaniklé vodní plochy v hodnocení současného land use přibyl „nový“ vodní tok, a tím bylo také eliminováno zkrácení vodních toků vlivem jejich napřimování a likvidace meandrů. To neplatí pro k. ú. Mančice, kde se nevyskytovaly žádné vodní plochy a protéká zde jen jeden vodní tok.

Ve výsledcích se též objevovala menší plocha vodních toků v současnosti oproti minulosti, ačkoli poměr délek současných a historických vodních toků tomu neodpovídal. Bylo to způsobeno napřimováním vodních toků od 50. let minulého století, kdy při tomto procesu došlo k zahlubování a zúžení původních vodních koryt. To mělo za následek mj. i přeměnu mokrých luk v louky „suché“ vlivem poklesu hladiny podzemní vody v těchto lokalitách. K napřimování vodních toků a zvětšování ploch orné půdy docházelo již v dobách mapování stabilního katastru. Příkladem je historické k. ú. Chmeliště, jež bylo typickým územím obhospodařovaným statkem a již v polovině 19. století bylo zřetelně více ovlivněno lidskou činností než ostatní k. ú. v řešeném území. Tato skutečnost platí i pro část historického k. ú. Staňkovice (nynější k. ú. Bláto), kde bylo také sídlo statku. Mapy stabilního katastru jsou věrohodné, nicméně v zobrazování drobných vodních toků mají nedostatky. V některých lokalitách, kde je zjevné (jsou tam lokalizovány mokré louky v konfiguraci indikující vodní tok nebo prameniště), že by tam měl být drobný vodní tok zakreslen, tam není. Buď šlo o plošné prameniště, kde žádný hlavní tok neexistoval, nebo prostě některé drobné toky byly zakreslovány až od určité šířky. Zde je vidět tento jev zejména na území Rašovic (obr. 2, 3 a 4) a Žišova (obr. 7, 8 a 9).

## ZÁVĚR

Hlavní myšlenkou článku je zviditelnění tématu potenciálu mokřadů a zamokřených ploch v zemědělské krajině s představením konkrétních lokalit s možností jejich obnovy. Mapy stabilního katastru jsou velmi přesným zdrojem informací o stavu tehdejší krajiny, zejména pro lokalizaci mokřadů a ostatních vodních prvků i pro představu o krajině téměř neregulovaných vodních toků. Byla potvrzena hypotéza H1. Ze současné krajiny v řešeném území téměř vymizely mokré louky. Toto snížení je výraznější v části patřící do klimatického regionu MT2 (k. ú. Staňkovice, Chmeliště, Žišov a Mančice), kde současné mokré louky zaujímají 0,9, resp. 2,5, resp. 3,8 % plochy, kterou zaujímaly historické mokré louky. V k. ú. Rašovice patřící do klimatického regionu MT4, který je srážkově bohatší, zaujímají nyní mokré louky 7,9 % plochy mokrých luk historických. Byla potvrzena také hypotéza H2, v celém řešeném území je u orné půdy trendem nárůst její celkové rozlohy, výrazný nárůst průměrné velikosti plošky a zároveň snížení počtu plošek. S výjimkou k. ú. Rašovice, kde výměra orné půdy činí 98,5 % její historické rozlohy. Dalším trendem, potvrzujícím hypotézu H3, je snížení rozlohy vodních ploch. Hypotéza H4 týkající se zkracování délky vodních toků byla v řešeném území potvrzena s výjimkou k. ú. Rašovice. Ovšem tyto rozdíly nebyly nijak markantní. Zároveň také došlo k výraznému snížení plošného

zastoupení vodních toků. Pravděpodobné důvody tohoto stavu jsou zmíněny v diskuzi. Získané informace lze obecně využít při plánování krajiny, zejména s ohledem na obnovu mokřadů ve vhodných lokalitách. Výsledky této práce lze aktuálně využít i pro tzv. boj se suchem a pro zmírnění následků povodní jakožto reakci na probíhající klimatické změny. Zejména při obnově krajiny za účelem zadržování vody v krajině s odkazem na historický způsob využití území (land use).

## Literatura

- [1] FARINA, A. *Principles and methods in landscape ecology*. Springer, Netherlands, 2006, 229 p.
- [2] KUPKA, J. *Krajiny kulturní a historické: vliv hodnot kulturní a historické charakteristiky na krajinný ráz naší krajiny*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2010. ISBN 978-80-01-04653-1.
- [3] Mokřady, z. s. Mokřady – ochrana a management [on-line]. [cit. 23. dubna 2021]. Dostupné z: <<http://www.mokradys.wbs.cz>>
- [4] MEYER, B. K., VANCE, R. K., BISHOP, G. A., DEOCAMPO, D. M. Origin and Dynamics of Nearshore Wetlands: Central Georgia Bight, USA. *Wetlands* (2015) 35, pp. 247–261
- [5] MANDER, U., KUUSEMETS, V., LOHMUS, K., MAURING, T. Efficiency and dimensioning of riparian buffer zones in agricultural catchments. *Ecological Engineering* 8(4), 1997, pp. 299–324
- [6] MAITRE, W., COSANDEY, A.-C., DESAGHER, E., PARRIAUX, A. Effectiveness of groundwater nitrate removal in a river riparian area: the importance of hydrogeological conditions. *Journal of Hydrology* 278 (1–4), 2003, pp. 76–93
- [7] LANE, R. R., MASHRIQUI, H. S., KEMP, G. P., Day, J. W., DAY, J. N., HAMILTON, A. Potential nitrate removal from a river diversion into a Mississippi delta forested wetland. *Ecological Engineering* 20(34), 2003, pp. 237–249
- [8] MAYER, W. B., TURNER, B. L. Human population growth and global land-use/land-cover change. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 23, 1992, pp. 39–61
- [9] HATTERMANN, F. F., KRYSANOVA, V., HESSE, C. Modelling wetland processes in regional applications. *Hydrological Science Journal* 53(5), 2008, pp. 1001–1012
- [10] PREMALATHA, M., TASNEEM, A., ABBASI, S. A. Applications of GIS in Wetland Management: An Overview. *Research journal of chemistry and environment*, 14 (4), 2010, pp. 87–102
- [11] Komplexní průzkum půd. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. [on-line]. [cit. 24. května 2021]. Dostupné z: <<https://kpp.vumop.cz>>
- [12] Geoportál SOWAC-GIS. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. [on-line]. [cit. 28. května 2021]. Dostupné z: <<https://geoportal.vumop.cz>>
- [13] Vyhláška č. 227/2018 Sb. o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci
- [14] RICHTER, P. Analýza vývoje krajiny v zemědělských oblastech na příkladu k. ú. Rašovice. *Acta Pruhoniceana* 2011, 99, pp. 29–39
- [15] RICHTER, P. Trajektorie vývoje mokřadů v horní části povodí Výrovky za uplynulých 180 let. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 2020, 62 (6), pp. 20–26. ISSN 0322-8916.
- [16] Archivní mapy Ústředního archivu zeměměřičtí a katastru [on-line]. [cit. 10. října 2020]. Dostupné z: <<https://archivnimapy.cuzk.cz>>
- [17] Geoportál ČÚZK/ Prohlížeč služby – WMS [on-line]. [cit. 12. března 2021]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(lcsguqwsq1my1rvbg3qy5suw\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head\\_tab=sekke-03-gp&menu=311](https://geoportal.cuzk.cz/(S(lcsguqwsq1my1rvbg3qy5suw))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&text=WMS.verejne.uvod&head_tab=sekke-03-gp&menu=311)
- [18] Místo pro přírodu. Zachráněné lokality. Cihelna Chmeliště [on-line]. [cit. 1. června 2021]. Dostupné z: <<http://www.mistoproprirodu.cz/zachranene-lokality/cihelna-chmeliste/>>

## Autor

**Ing. Pavel Richter, Ph.D.**

✉ [pavel.richter@vuv.cz](mailto:pavel.richter@vuv.cz)

ORCID: 0000-0001-6338-3481

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

Príspevek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.05.004

---

## THE ANALYSIS OF AGRICULTURAL LANDSCAPE DEVELOPMENT SHOWN ON SELECTED CADASTRAL DISTRICTS IN THE UPPER PART OF THE VÝROVKA RIVER BASIN

**RICHTER, P.**

TGM Water Research Institute

**Keywords:** archive maps – GIS – land use – wetlands –  
water in the landscape – agricultural management

This article compares the current land use and landscape structure with the historic layout from the maps of the Imperial Imprints of the Stable Cadastre in selected cadastral areas with predominantly agricultural land. It outlines the possibilities of using the analysis of the historical development for the purposes of landscape restoration in agricultural areas, particularly wetland ecosystems and watercourses.

# Terénní testování prototypu separátoru k dočištění srážkových vod

JANA ČEJKOVÁ, ANNA KÓLOVÁ, JIŘÍ KUČERA, MIROSLAV VÁŇA, MAREK HOLBA, PAVEL POLÁŠEK

**Klíčová slova:** srážkový odtok – srážkové smyvy – čištění – separace polutantů – nerozpuštěné látky – polycyklické aromatické uhlovodíky – těžké kovy

## SOUHRN

Článek shrnuje poznatky získané v rámci řešení výzkumného projektu „Technologie separace specifických polutantů ze srážkových vod“ (TH03030223), který se zabýval čištěním srážkových vod ze zpevněných ploch a komunikací zatížených nerozpuštěnými látkami (NL), polycyklickými aromatickými uhlovodíky i těžkými kovy. Projekt si kladl za cíl vyvinout účinnou technologii, která by uvedené polutanty ze srážkových vod separovala. Testování separačního zařízení v modelovém a následně poloprovozním měřítku na dvou lokalitách prokázalo svoji účinnost při zachytu NL. Provedenými zkouškami zařízení byl potvrzen předpoklad, že odstraněním NL se zásadně sníží také odtokové koncentrace polyaromatických uhlovodíků a těžkých kovů. Použití separátoru k dočištění srážkových vod tak přispívá ke snížení zátěže povrchových nebo podzemních vod dalšími polutanty, zejména polycyklickými aromatickými uhlovodíky a těžkými kovy.

## ÚVOD

Jeden z významných potenciálních zdrojů kontaminace povrchových a podzemních vod v urbanizovaném území představují vody odtékající při srážkách z komunikací a zpevněných ploch (dálnice, silnice, parkoviště, obratiště automobilů). Splachovaný silniční sediment obsahuje různé částice a materiály, včetně anorganického i organického znečištění, jako jsou nerozpuštěné látky (NL), těžké kovy (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb a Zn) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Těžké kovy a PAU ve srážkovém splachu pocházejí ze spalování pohonných hmot, opotřebení částí automobilů (brzdy, pneumatiky, koroze), vozovky a dalších zdrojů. Tyto látky se hromadí na povrchu vozovky v důsledku jejího pravidelného používání a následně jsou odplavovány při srážkách do kanalizace a případně recipientu [1–3]. Splachované znečištění je jak z hlediska množství, tak i konkrétního složení v jednotlivých případech velmi různorodé a závisí na více faktorech. Mezi nejvýznamnější patří účel využití plochy a míra jejího zatížení. Při samotném splachu závisí také na proměnlivých přírodních podmínkách (počasí), zejména na intenzitě srážek, jež souvisí s následným odtokem vody a odnosem znečištění. Důležitým faktorem je i počet bezdeštných dnů před splachem, tedy doba, po kterou se znečištění na ploše kumuluje [3, 4]. Tyto předpoklady potvrzují Lee a kol. [3], kteří ve své studii uvedli, že největší míru znečištění na zkoumané ploše zaznamenali při nejintenzivnější srážce a současně nejdelším počtu bezdeštných dní (6 dní). Li et al. [5] ve své práci uvádějí, že koncentrace částic v odtoku klesá s dobou trvání srážky. Podobné závěry byly dosaženy i v našich dříve provedených simulovaných srážkových spláších, kde byla sledována koncentrace NL, PAU a těžkých kovů v první a páté minutě

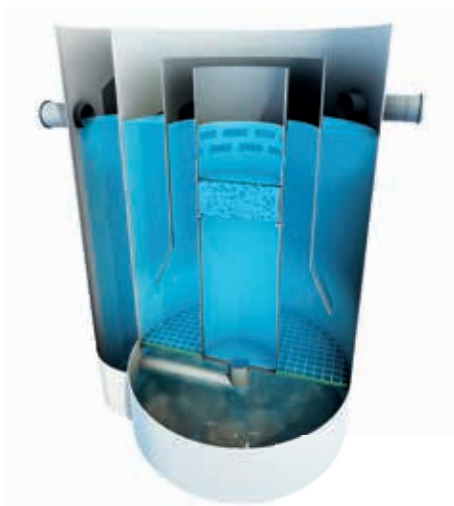
simulovaného splachu ze zpevněných ploch. Výsledky prokázaly, že již mezi těmito časy významně klesá množství NL a zároveň se snižuje koncentrace PAU a těžkých kovů [6]. V literatuře bylo publikováno mnoho vhodných postupů ke snížení PAU a těžkých kovů ze srážkových vod, např. sedimentace, filtrace [1] nebo koagulace kombinovaná s flokulací [4]. Separace NL se jeví jako významný proces ke snížení znečištění [1]. Výběr vhodné technologie pro konkrétní aplikaci vychází z míry zatížení a s tím souvisejícím znečištěním zvolené plochy, dále z požadované kvality vyčištěné vody, eventuálně možnosti jejího dalšího využití a investičních nákladů [7].

Výzkumný projekt s názvem „Technologie separace specifických polutantů ze srážkových vod“ (TH03030223) se zaměřil na odstraňování znečištění ze srážkových vod odtékajících ze zpevněných ploch. Cílem projektu bylo vyvinout prototyp separačního zařízení, jež by bylo specializováno na odstraňování především NL a na ně navázaného znečištění, zejména PAU a těžkých kovů, a ve kterém by probíhalo předčištění srážkových vod před jejich vsakováním do podzemních vod, vypouštěním do vod povrchových, případně před jejich dalším možným využitím [6]. Navržené a v poloprovozních podmínkách ověřené zařízení je založeno na separaci co největšího podílu NL. K jeho návrhu bylo využito matematického modelování proudění vody. V rámci řešení se předpokládalo, že vyvíjený separátor bude osazen jako podzemní objekt, který se nebude čistit po každé srážce. Separací prostor bude trvale zatopen vodou. Po začátku srážky se tedy zařízení nebude plnit, ale voda začne rovnou odtékat. Zařízení neslouží k transformaci (zploštění) průtoků při dešťové srážce. Zachycené NL se usazují u dna a přepážka, umístěná těsně nade dnem, brání jejich opětovnému vyplavování při další srážce. Množství zachycených látek se bude postupně zvyšovat. Po zaplnění kalové části zařízení bude potřeba provést vyčištění separátoru, aby nedošlo k vyplavování zachyceného znečištění, a tím ke snižování účinnosti zařízení. Naplnění kalové části je individuální a závislé na podmínkách dané lokality (typ odvodňované plochy, prašnost, provoz a další), proto je nezbytné provádět průběžné měření množství kalu. V rámci projektu nebyla doba naplnění sledována, jelikož se jedná o dlouhodobé měření. Prototyp zařízení byl testován v poloprovozních podmínkách nad úrovní terénu.

## METODIKA

V rámci řešení projektu byly nejprve provedeny analýzy simulovaných dešťových splachů ze zpevněných ploch. Navazující fáze projektu byla zaměřena na zpracování a analýzu výsledků splachů a provedení matematického modelování, na jejichž základě bylo přistoupeno k vývoji modelu separačního zařízení k odstranění NL a jeho odzkoušení v laboratorních podmínkách v závislosti na velikosti frakce a průtoku. Návrh a optimalizace prototypu zařízení vycházely

z hydrodynamického modelování a výsledků laboratorního zkoušení. Zařízení bylo konstruováno tak, aby byl co nejlépe využit celkový objem separátoru a nedocházelo ke zkratovému proudění. Jedním z hlavních aspektů při návrhu konstrukce, za účelem nejúčinnější sedimentace, byla délka trajektorie a její čas. Dále byl kladen důraz na způsob provozování a ekonomiku provozu a také na investiční a výrobní náklady vyvinutého zařízení. Výsledky laboratorních fází projektu již byly publikovány dříve [8]. Tento příspěvek se zabývá závěrečnou fází projektu, tedy terénním testováním prototypu separátoru s návrhovým průtokem  $1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$  (viz obr. 1 a 2), v poloprovozních podmínkách.



Obr. 1. Vizualizace prototypu separačního zařízení  
Fig. 1. Visualization of a prototype separation device



Obr. 2. Detail prototypu separačního zařízení  
Fig. 2. Detail of a prototype separation device

Simulované splachy (při třech zvolených průtocích) byly provedeny na dvou lokalitách. Hodnoty průtoků vycházely z matematického modelování proudění v zařízení. Z provozních důvodů bylo na začátku řešení projektu zvoleno, že měření i další testování se bude provádět při simulovaném dešti, tedy omytím zpevněné plochy pitnou vodou z hydrantu po dlouhodobějším období bez srážek. Simulace srážky probíhala tak, aby celá plocha byla skrápěna co možná nejrovnoměrněji a mohlo být regulováno množství průtoku zařízením. Mezi jednotlivými testy nebyl prototyp čištěn, pouze vypuštěn, aby mohl být přemístěn a uskladněn. Pro testování se předpokládal termín po období jednoho až dvou týdnů bez dešťů i krátkodobých přeháněk (konkrétně specifikováno v kapitole Výsledky a diskuze).

Na obou měřených lokalitách bylo zařízení zkoušeno postupně při těchto průtocích (Q):

- Snížený průtok  $0,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Nominální průtok  $1 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$
- Maximální průtok  $1,5 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$

Intenzita oplachu povrchu vozovky pitnou vodou z hydrantu (simulace srážky) byla regulována tak, aby odpovídala zkoušenému průtoku. Přítok do prototypu byl regulován a kontrolován průtokoměrem. Těsně před započítáním testu byl odebrán prostý vzorek vstupní vody z hydrantu, ve kterém byly stanoveny NL při  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  (slepý pokus).

Zařízení bylo instalováno na volných plochách zvolených lokalit jako nadzemní nádrž. Hlavním důvodem byla nutnost přesouvání prototypu mezi lokalitami a především nebylo možné v daných lokalitách zařízení zabudovat pod úroveň terénu ani uskladnit na ploše do další série testování. Lokality byly zvoleny s ohledem na odlišný způsob používání.

Splachy byly provedeny na dvou zvolených lokalitách:

- Lokalita 1: plocha, kde se otáčejí nákladní automobily
- Lokalita 2: plocha, na níž pravidelně parkují nákladní vozidla



Obr. 3. Pohled na splach – lokalita 1  
Fig. 3. View of the run-off – locality 1



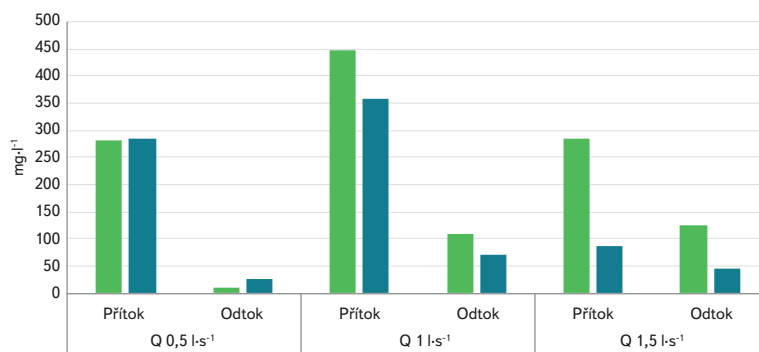
Obr. 4. Pohled na splach – lokalita 2  
Fig. 4. View of the run-off – locality 2



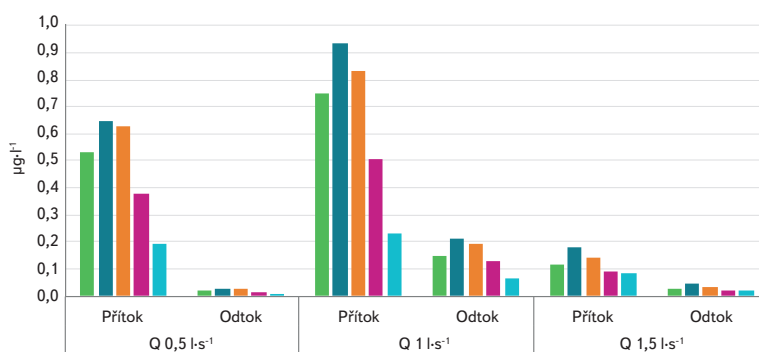
Obr. 5. Pohled na utěsněnou vpust' (lokalita 2)  
Fig. 5. View of a sealed drain (locality 2)



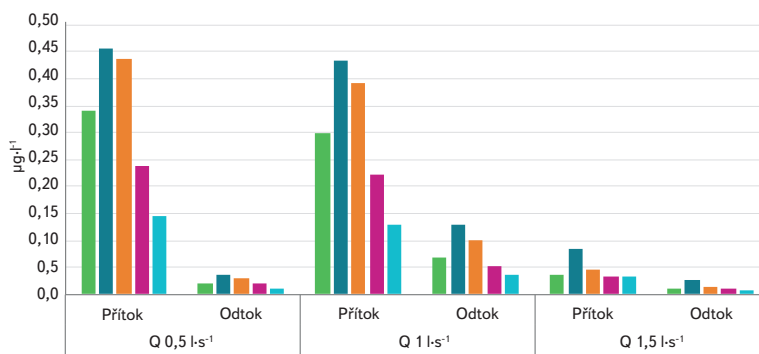
Obr. 6. Pohled na testování – lokalita 2  
Fig. 6. View of the testing – locality 2



Obr. 7. Průměrné koncentrace NL na přítoku a odtoku – porovnání obou lokalit  
Fig. 7. Inflow and outflow suspended solids average concentrations – comparison between localities 1 and 2



Obr. 8. Průměrné koncentrace významných PAU na přítoku a odtoku – lokalita 1  
Fig. 8. Average concentrations of significant PAH in influent and effluent – locality 1



Obr. 9. Průměrné koncentrace významných PAU na přítoku a odtoku – lokalita 2  
Fig. 9. Average concentrations of significant PAH in influent and effluent – locality 2

Zkoumaná plocha byla postříkována vodou z hydrantu tak, aby bylo rovnoměrně skrápěno celé vytyčené území, z něhož voda stékala k vybrané kanalizační vpusti (obr. 3 a 4). Na vpusti byl vyjmut poklop, ucpávkou utěsněn odtok do kanalizace (obr. 5) a stékající voda byla ihned ze vpusti kalovým čerpadlem přiváděna do přítokové části prototypu. Přítoková hadice byla osazena průtokoměrem s regulovatelným uzávěrem. Pohled na testování je znázorněn na obr. 6. Na základě zpracování hydrodynamického matematického modelování a zkušeností z pilotní fáze testování prototypu v laboratorních podmínkách byla navržena celková délka zkoušení 15 minut. Program odběru vzorků reflektoval předpoklad, že největší množství NL je ze zpevněné plochy spláchnuto



Tab. 1. Hodnoty NL stanovené na přítoku a odtoku na lokalitě 1

Tab. 1. Suspended solids concentration values determined in influent and effluent at locality 1

| Čas odběru min. | Místo odběru  | Q 0,5 l·s <sup>-1</sup> [mg·l <sup>-1</sup> ] | Q 1 l·s <sup>-1</sup> [mg·l <sup>-1</sup> ] | Q 1,5 l·s <sup>-1</sup> [mg·l <sup>-1</sup> ] |
|-----------------|---------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1.              | Přítok        | 230                                           | 820                                         | 510                                           |
| 3.              | Přítok        | 240                                           | 740                                         | 290                                           |
| 9.              | Přítok        | 270                                           | 150                                         | 240                                           |
| 15.             | Přítok        | 390                                           | 84                                          | 100                                           |
| <b>Průměr</b>   | <b>Přítok</b> | <b>283</b>                                    | <b>449</b>                                  | <b>285</b>                                    |
| 1.              | Odtok         | 8,8                                           | 54                                          | 60                                            |
| 3.              | Odtok         | 5,2                                           | 31                                          | 94                                            |
| 9.              | Odtok         | 6,0                                           | 160                                         | 170                                           |
| 15.             | Odtok         | 25                                            | 190                                         | 170                                           |
| <b>Průměr</b>   | <b>Odtok</b>  | <b>11</b>                                     | <b>109</b>                                  | <b>124</b>                                    |

v první fázi deště a poté se množství NL již snižuje. Vzorky na stanovení PAU, těžkých kovů a NL byly odebírány na přítoku a odtoku do prototypu současně jako prosté vzorky přímo do vzorkovnice v 1., 3., 9. a 15. minutě. Stanovení NL vycházelo z postupu vypracovaného na základě normy ČNS EN 872.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Je známo, že se zvyšující se intenzitou srážky roste i intenzita splachu a mohou se potenciálně odplavit i větší části znečištění, takže teoreticky by mělo platit, že čím větší je intenzita srážky, tím větší znečištění na přítoku může být. Nicméně vzhledem k uplatněné metodice experimentů, kdy byly používány simulované srážky na lokalitách, nebylo možné dosáhnout vždy stejných počátečních podmínek (stejný počet bezdeštných dnů, stejné zatížení plochy sledovanými látkami). Pro řešení projektu byl za bezdeštný den považován takový den, jehož denní úhrn srážek nepřesahoval 0,25 mm (aby nedocházelo k odtoku znečištění do kanalizace). Rozdíly v počátečních koncentracích NL jsou patrné z výsledků na obr. 7, kdy jejich nejvyšší koncentrace byla detekována při průtoku 1 l·s<sup>-1</sup>.

Tab. 2. Hodnoty NL stanovené na přítoku a odtoku na lokalitě 2

Tab. 2. Suspended solids concentration values determined in influent and effluent at locality 2

| Čas odběru min. | Místo odběru  | Q 0,5 l·s <sup>-1</sup> [mg·l <sup>-1</sup> ] | Q 1 l·s <sup>-1</sup> [mg·l <sup>-1</sup> ] | Q 1,5 l·s <sup>-1</sup> [mg·l <sup>-1</sup> ] |
|-----------------|---------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1.              | Přítok        | 290                                           | 530                                         | 100                                           |
| 3.              | Přítok        | 330                                           | 580                                         | 150                                           |
| 9.              | Přítok        | 260                                           | 240                                         | 50                                            |
| 15.             | Přítok        | 260                                           | 82                                          | 42                                            |
| <b>Průměr</b>   | <b>Přítok</b> | <b>285</b>                                    | <b>358</b>                                  | <b>86</b>                                     |
| 1.              | Odtok         | 23                                            | 16                                          | 41                                            |
| 3.              | Odtok         | 15                                            | 15                                          | 32                                            |
| 9.              | Odtok         | 16                                            | 86                                          | 53                                            |
| 15.             | Odtok         | 44                                            | 170                                         | 50                                            |
| <b>Průměr</b>   | <b>Odtok</b>  | <b>25</b>                                     | <b>72</b>                                   | <b>44</b>                                     |

V rámci terénního testování bylo nejvíce bezdeštných dní zaznamenáno před prvním splachem (Q 0,5 l·s<sup>-1</sup>), tento splach se prováděl 8. den bez srážek, druhý splach (Q 1 l·s<sup>-1</sup>) 7. den a třetí splach (Q 1,5 l·s<sup>-1</sup>) se uskutečnil 4. bezdeštný den. Také mezi prvním a druhým splachem byla větší prodleva (70 dní) než mezi druhým a třetím splachem (19 dní). Z tohoto důvodu je obtížné, ne-li nemožné, porovnávat vstupní koncentrace znečištění mezi sebou.

Pohled na rozložení zaznamenaného znečištění (zde reprezentováno NL) v průběhu vlastního splachu prezentují tab. 1 a 2. Oproti očekávání, že s postupem času se budou koncentrace NL v přítoku snižovat, je v těchto výsledcích patrná určitá anomálie u lokality 1, kdy se množství NL ke konci splachu při nejnižším průtoku zvyšovalo. To je pravděpodobně ovlivněno nerovnoměrným zatížením plochy znečišťujícími látkami, kdy se část znečištění mohla spláchnout později. V dalších dvou měřeních a na obou lokalitách již podle předpokladu koncentrace NL s přibývajícím časem klesá. Hodnoty koncentrací v odtoku ze separačního zařízení mají opačnou tendenci, tedy se s postupem času zvyšují, což je dáno dobou zdržení znečištění v separátoru. Z výsledků je také patrné, že průtok, který bude v reálu odpovídat intenzitě srážky, má vliv na separační účinnost zařízení. Při vyšším průtoku se zhoršují podmínky pro sedimentaci NL, jež se vyplavují ve vyšší míře v porovnání s výsledky dosaženými

Tab. 3. Srovnání koncentrací těžkých kovů na přítoku a odtoku na lokalitě 1 – průměrné koncentrace za celý test

Tab. 3. Comparison of heavy metals concentrations in influent and effluent at locality 1 – average concentrations measured during the test

| Q [l·s <sup>-1</sup> ] | Místo odběru | Arsen [μg·l <sup>-1</sup> ] | Kadmium [μg·l <sup>-1</sup> ] | Olovo [μg·l <sup>-1</sup> ] | Chrom [μg·l <sup>-1</sup> ] | Měď [μg·l <sup>-1</sup> ] | Nikl [μg·l <sup>-1</sup> ] | Zinek [μg·l <sup>-1</sup> ] |
|------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 0,5                    | Přítok       | 2,26                        | 0,34                          | 24,5                        | 4,0                         | 29,5                      | 9,0                        | 693                         |
| 0,5                    | Odtok        | 0,5                         | 0,05                          | 0,93                        | 1,5                         | 4,0                       | 4,0                        | 31,3                        |
| 1                      | Přítok       | 2,74                        | 0,36                          | 38,1                        | 5,8                         | 38,0                      | 9,5                        | 1091                        |
| 1                      | Odtok        | 0,9                         | 0,11                          | 6,59                        | 1,9                         | 8,5                       | 4,0                        | 199                         |
| 1,5                    | Přítok       | 2,04                        | 0,22                          | 19,0                        | 2,5                         | 13,5                      | 8,8                        | 884                         |
| 1,5                    | Odtok        | 0,90                        | 0,05                          | 1,96                        | 1,5                         | 4,0                       | 4,0                        | 43,5                        |

Tab. 4. Srovnání koncentrací těžkých kovů na přítoku a odtoku na lokalitě 2 – průměrné koncentrace za celý test

Tab. 4. Comparison of heavy metals concentrations in influent and effluent at locality 2 – average concentrations measured during the test

| Q [ $l \cdot s^{-1}$ ] | Místo odběru | Arsen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Kadmium [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Olovo [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Chrom [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Měď [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Nikl [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Zinek [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] |
|------------------------|--------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 0,5                    | Přítok       | 2,88                           | 0,37                             | 20,2                           | 5,75                           | 27,8                         | 9,25                          | 212                            |
| 0,5                    | Odtok        | 0,63                           | 0,05                             | 1,38                           | 1,5                            | 4,0                          | 4,0                           | 36,3                           |
| 1                      | Přítok       | 2,63                           | 0,23                             | 19,8                           | 5,88                           | 28,8                         | 10,8                          | 254                            |
| 1                      | Odtok        | 1,01                           | 0,09                             | 3,96                           | 1,88                           | 7,0                          | 4,0                           | 64,8                           |
| 1,5                    | Přítok       | 1,96                           | 0,10                             | 10,1                           | 1,5                            | 8,0                          | 5,0                           | 119                            |
| 1,5                    | Odtok        | 0,90                           | 0,05                             | 1,96                           | 1,5                            | 4,0                          | 4,0                           | 43,5                           |

Tab. 5. Srovnání koncentrací PAU na přítoku a odtoku na lokalitě 1 – průměrné koncentrace za celý test

Tab. 5. Comparison of PAH concentrations in influent and effluent at locality 1 – average concentrations measured during the test

| Q [ $l \cdot s^{-1}$ ] | Místo odběru | Suma všech PAU [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Fenanthren [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Fluoranthen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Pyren [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Benzo(a)anthracen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Chrysen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] |
|------------------------|--------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 0,5                    | Přítok       | 3,30                                    | 0,53                                | 0,65                                 | 0,63                           | 0,38                                       | 0,19                             |
| 0,5                    | Odtok        | 0,14                                    | 0,02                                | 0,03                                 | 0,02                           | 0,01                                       | 0,01                             |
| 1                      | Přítok       | 4,35                                    | 0,75                                | 0,93                                 | 0,83                           | 0,51                                       | 0,23                             |
| 1                      | Odtok        | 1,12                                    | 0,15                                | 0,21                                 | 0,19                           | 0,13                                       | 0,07                             |
| 1,5                    | Přítok       | 1,07                                    | 0,11                                | 0,18                                 | 0,14                           | 0,09                                       | 0,08                             |
| 1,5                    | Odtok        | 0,25                                    | 0,03                                | 0,05                                 | 0,03                           | 0,02                                       | 0,02                             |

Tab. 6. Srovnání koncentrací PAU na přítoku a odtoku na lokalitě 2 – průměrné koncentrace za celý test

Tab. 6. Comparison of PAH concentrations in influent and effluent at locality 2 – average concentrations measured during the test

| Q [ $l \cdot s^{-1}$ ] | Místo odběru | Suma všech PAU [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Fenanthren [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Fluoranthen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Pyren [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Benzo(a)anthracen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] | Chrysen [ $\mu g \cdot l^{-1}$ ] |
|------------------------|--------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|
| 0,5                    | Přítok       | 2,33                                    | 0,34                                | 0,45                                 | 0,44                           | 0,24                                       | 0,14                             |
| 0,5                    | Odtok        | 0,18                                    | 0,02                                | 0,04                                 | 0,03                           | 0,02                                       | 0,01                             |
| 1                      | Přítok       | 2,13                                    | 0,30                                | 0,43                                 | 0,39                           | 0,22                                       | 0,13                             |
| 1                      | Odtok        | 0,57                                    | 0,07                                | 0,13                                 | 0,10                           | 0,05                                       | 0,04                             |
| 1,5                    | Přítok       | 0,39                                    | 0,04                                | 0,08                                 | 0,04                           | 0,03                                       | 0,03                             |
| 1,5                    | Odtok        | 0,11                                    | 0,01                                | 0,03                                 | 0,01                           | 0,01                                       | 0,01                             |

Tab. 7. Pearsonův korelační koeficient; výstup pro NL a těžké kovy

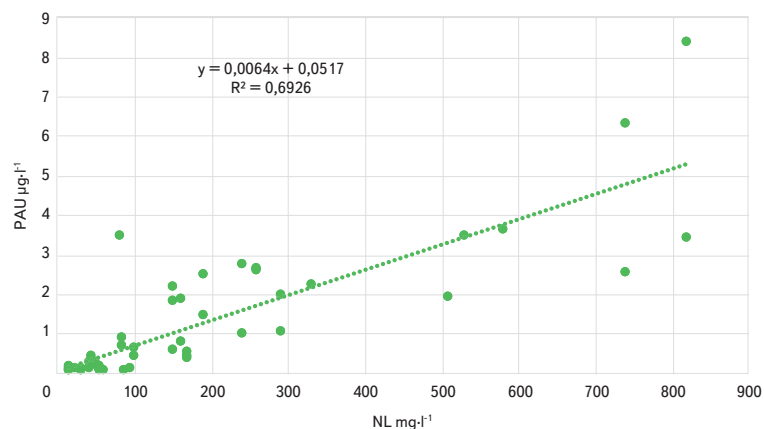
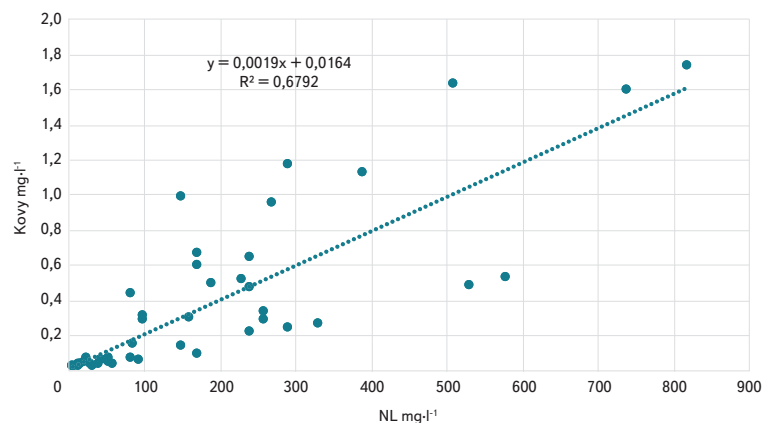
Tab. 7. Pearson correlation coefficient; output for suspended solids and heavy metals

|           | Suma všech kovů | Arsen | Kadmium | Olovo | Chrom | Měď  | Nikl | Zinek |
|-----------|-----------------|-------|---------|-------|-------|------|------|-------|
| <b>NL</b> | 0,82            | 0,85  | 0,81    | 0,94  | 0,78  | 0,91 | 0,90 | 0,79  |

Tab. 8. Pearsonův korelační koeficient; výstup pro NL a PAU

Tab. 8. Pearson correlation coefficient; output for suspended solids and PAH

|    | Suma všech PAU | Fenanthren | Fluoranthen | Pyren | Benzo(a)anthracen | Chrysen |
|----|----------------|------------|-------------|-------|-------------------|---------|
| NL | 0,83           | 0,80       | 0,83        | 0,82  | 0,80              | 0,86    |

Obr. 10. Grafické znázornění vztahu mezi koncentracemi NL a PAU (suma všech PAU)  
Fig. 10. Graphical relation between suspended solids and PAH concentrations (the sum of all PAH)Obr. 11. Grafické znázornění vztahu mezi koncentracemi NL a těžkých kovů (suma všech těžkých kovů)  
Fig. 11. Graphical relation between suspended solids and heavy metals concentrations (the sum of all heavy metals)

při nižších průtocích. Ze zařízení se vyplavují zejména hůře sedimentující malé částice (< 0,09 mm), což bylo na tomto zařízení již dříve odzkoušeno v laboratorních podmínkách [8].

Ze všech uvedených výsledků (tab. 1 až 6) je patrné, že lokalita 1 byla více zatížena sledovaným znečištěním než lokalita 2. K rozdílu v kumulovaném znečištění dochází pravděpodobně vlivem většího zatížení lokality 1 při manipulaci nákladních aut (otáčení, krátkodobé stání s mnohdy nastartovaným motorem).

V tab. 3 a 4 je přehled analyzovaných kovů z obou lokalit. Jsou zde uvedeny průměrné koncentrace za celou dobu testu z přítoku a odtoku ze separačního zařízení. Výsledky jsou uvedeny pro všechny tři testované průtoky. Z kovů na obou lokalitách nejvíce dominovaly koncentrace zinku, které mnohonásobně převyšovaly koncentrace ostatních kovů. Vyšších hodnot dále dosahovaly měď a olovo. Pro výpočet průměrů u hodnot pod mezí stanovitelnosti byla použita metoda podle vyhlášky č. 98/2011 Sb., kdy se hodnota pod mezí stanovitelnosti

nahrazuje její polovinou. Suma PAU uvedená v tab. 5, 6 a 8 zahrnuje všechny analyzované PAU: naftalen, acenaften, fluoren, fenanthren, antracen, fluoranthen, pyren, benzo(a)anthracen, chrysen, benzo(b)fluoranthen, benzo(k)fluoranthen, benzo(a)pyren, benzo(g,h,i)perylene, dibenzo(a,h)anthracen a indeno(1,2,3,c,d)pyren. V tab. 5 a 6 (pro lepší názornost i obr. 8 a 9) jsou uvedeny průměrné koncentrace významných PAU. Stabilně se v analyzovaných vzorcích vyskytovaly nejvyšší koncentrace fluoranthenu a pyrenu. Nejvyšší koncentrace kovů i PAU byly analyzovány stejně jako u NL při druhém splachu (Q 1 l·s<sup>-1</sup>).

Již výše uvedené výsledky naznačují, že koncentrace NL, těžkých kovů a PAU spolu souvisejí. Tato souvislost byla otestována jednoduchou lineární regresí a korelačním Pearsonovým koeficientem R<sup>2</sup>. V tab. 7 a 8 jsou uvedeny hodnoty R<sup>2</sup> mezi NL a těžkými kovy a mezi NL a PAU. U těžkých kovů i PAU se hodnoty pohybují kolem 0,8, což značí silnou lineární závislost mezi koncentrací NL a PAU a mezi koncentracemi NL a testovanými těžkými kovy. Čím byla ve vzorku stanovena vyšší koncentrace NL, tím byly stanoveny i vyšší koncentrace sledovaných těžkých kovů, popřípadě PAU. Na obr. 10 je graficky znázorněn vztah mezi NL a těžkými kovy z pohledu lineární regrese. Koeficient determinace u těžkých kovů dosahuje hodnoty 0,679. Z toho vyplývá, že stanovené koncentrace kovů bylo možno lineární regresi vysvětlit z 67,9 % pomocí naměřených koncentrací NL. U PAU (obr. 11) to lze vysvětlit z 69,3 %.

Na základě získaných výsledků jsme ověřili, že separaci NL se významně snižuje znečištění těchto vod PAU a těžkými kovy. V literatuře se však objevují i názory, že u těchto látek dochází nejen k adsorpci na pevné částice, ale také k agregaci a tvorbě shluků [6, 9, 10].

## ZÁVĚR

Zvolený způsob řešení na počátku projektu vycházel z předpokladu, že významná část PAU a těžkých kovů je sorbována na pevných částicích, a odstranění NL je tak významným nástrojem k omezení vstupu PAU do vodního prostředí. Vyvinuté separační zařízení bylo odzkoušeno v pilotní fázi v modelovém měřítku, následně byla provedena série testování prototypu v terénních podmínkách na dvou lokalitách. Lokality představovaly parkoviště a zpevněná plocha s denním využíváním vozidly silniční dopravy. Prototyp zařízení byl testován při třech zvolených průtocích (0,5 l·s<sup>-1</sup>, 1 l·s<sup>-1</sup> a 1,5 l·s<sup>-1</sup>). Při simulaci srážkových splachů vybraných ploch bylo potvrzeno, že PAU a těžké kovy se dominantně vyskytují ve vzorcích s NL a že nejvíce těchto látek je smyto na začátku trvání srážkové činnosti. Výsledky dosažené našim šetřením byly v souladu s výše citovanými zahraničními studiemi. Silná lineární závislost mezi koncentrací NL a PAU a mezi koncentracemi NL a testovanými těžkými kovy byla potvrzena Pearsonovým korelačním koeficientem, jehož hodnota oscilovala kolem 0,8. Zjištěné závěry byly použity jako podklad pro následné komerční uplatnění separačního zařízení.

## Poděkování

Článek vznikl řešením výzkumného projektu „Technologie separace specifických polutantů ze srážkových vod“ (TH03030223). Projekt byl realizován za finanční podpory Technologické agentury České republiky.

## Literatura

- [1] ROMMEL, S. H., L. GELHARDT, A. WELKER a B. HELMREICH. Settling of Road-Deposited Sediment: Influence of Particle Density, Shape, Low Temperatures, and Deicing Salt. *Water* [on-line]. 2020, roč. 12, č. 11, s. 3126. ISSN 2073-4441. Dostupné z: doi:10.3390/w12113126
- [2] DJUKIĆ, A., B. LEKIĆ, V. RAJAKOVIĆ-OGNJANOVIĆ, D. VELJOVIĆ, T. VULIĆ, M. DJOLIĆ, Z. NAUNOVIĆ, J. DESPOTOVIĆ a D. PRODANOVIĆ. Further insight into the mechanism of heavy metals partitioning in stormwater runoff. *Journal of Environmental Management* [on-line]. 2016, roč. 168, s. 104–110. ISSN 0301-4797. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jenvman.2015.11.035
- [3] LEE, J. Y. Characteristics of run-off quality and pollution loading from a highway toll-gate. *Environmental Technology* [on-line]. 2012, roč. 33, č. 3, s. 373–379. ISSN 0959-3330. Dostupné z: doi:10.1080/09593330.2011.575185
- [4] BLONDEEL, E., S. D. WANDEL, R. FLORIN, S. HUGELIER, M. CHYS, V. DEPUYDT, K. FOLENS, G. D. LAING, A. VERLIEFDE a S.W.H.V. HULLE. Physical–chemical treatment of rainwater runoff in recovery and recycling companies: lab-scale investigation. *Environmental Technology* [on-line]. 2018, roč. 39, č. 17, s. 2251–2265. ISSN 0959-3330. Dostupné z: doi: 10.1080/09593330.2017.1354074
- [5] LI, Y., S.-L. LAU, M. KAYHANIAN a M. STENSTROM. Particle Size Distribution in Highway Runoff. *Journal of Environmental Engineering-asce – J ENVIRON ENG-ASCE* [on-line]. 2005, roč. 131. Dostupné z: doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372(2005)131:9(1267)
- [6] ČEJKOVÁ, J., A. KÓLOVÁ, J. KUČERA, M. VÁŇA, M. HOLBA a P. POLÁŠEK. Znečištění srážkových vod vybranými polutanty a jejich následné odstranění. In: *Sborník přednášek a posterových sdělení 13. biennialní konference VODA 2019*. CzWA. 2019. ISBN ISSN: 2694-7013.
- [7] BLONDEEL, E., M. CHYS, V. DEPUYDT, K. FOLENS, G. DU LAING, A. VERLIEFDE a S. W. H. VAN HULLE. Leaching behaviour of different scrap materials at recovery and recycling companies: Full-, pilot- and lab-scale investigation. *Waste Management* [on-line]. 2014, roč. 34, č. 12, s. 2674–2686. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi: 10.1016/j.wasman.2014.08.019
- [8] ČEJKOVÁ, J., A. KÓLOVÁ, J. KUČERA, M. VÁŇA, M. HOLBA a P. POLÁŠEK. Odstranění nerozpuštěných látek a vybraných polutantů ze srážkových vod. *Vodní hospodářství*. 2021, roč. 71, č. 1, s. str. 1–4. ISSN 1211-0760.
- [9] DOUBEN, P. E. T. *PAHs: An Ecotoxicological Perspective*. B. m.: John Wiley & Sons, 2003. ISBN 978-0-470-86429-6.
- [10] BLONDEEL, E., V. DEPUYDT, J. CORNELIS, M. CHYS, A. VERLIEFDE a S. W. H. V. HULLE. Physical-chemical treatment of rainwater runoff in recovery and recycling companies: Pilot-scale optimization. *Journal of Environmental Science and Health, Part A* [on-line]. 2015, roč. 50, č. 11, s. 1083–1098. ISSN 1093-4529. Dostupné z: doi: 10.1080/10934529.2015.1047645

## Autoři

### Ing. Jana Čejková<sup>1</sup>

✉ jana.cejkova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-9539-9031

### Ing. Anna Kólová<sup>1</sup>

✉ anna.kolova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-8610-1501

### Ing. Jiří Kučera<sup>1</sup>

✉ jiri.kucera@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-7540-4750

### Ing. Miroslav Váňa<sup>1</sup>

✉ miroslav.vana@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-3367-8734

### Ing. Marek Holba Ph.D.<sup>2</sup>

✉ holba@asio.cz

### Pavel Polášek<sup>2</sup>

✉ polasek@asio.cz

<sup>1</sup>Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka

<sup>2</sup>ASIO TECH, spol. s r. o.

Príspevek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2021.05.002

## TESTING OF A PROTOTYPE SEPARATION DEVICE DESIGNED FOR RAINWATER TREATMENT

**ČEJKOVA, J.<sup>1</sup>; KOLOVA, A.<sup>1</sup>; KUCERA, J.<sup>1</sup>; VANA, M.<sup>1</sup>; HOLBA, M.<sup>2</sup>; POLASEK, P.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>T. G. Masaryk Water Research Institute

<sup>2</sup>ASIO TECH, Ltd.

**Keywords:** rainwater treatment – stormwater run-off – pollutants separation – suspended solids – polycyclic aromatic hydrocarbons – heavy metals

The article summarizes the knowledge obtained from the project „Technology of separation of specific pollutants from stormwater“ (TH03030223), addressed to the treatment of rainwater from paved areas and roads polluted by suspended solids, polycyclic aromatic hydrocarbons, and heavy metals. The aim of the project was to develop an efficient technology able to separate these pollutants from rainwater. The separation device (tested first on a model-scale and then on a pilot-scale, in a location) has proved its effectiveness in capturing suspended solids. The tests performed on the separation device confirmed the assumption stated in the literature that the removal of suspended solids significantly reduces the effluent concentration of polyaromatic hydrocarbons and heavy metals. The device based on the principle of suspended solids separation contributes to reducing a load of surface or groundwater by other pollutants, especially polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals.



# Podpora otevřených dat, sdílení dat a datové články

**LIBOR ANSORGE**

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka jakožto vydavatel časopisu Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI) a zároveň veřejná výzkumná organizace v rezortu Ministerstva životního prostředí dlouhodobě podporuje otevřený přístup k datům a sdílení datových sad pro využití dalšími uživateli. Již od roku 2001 jsou na internetu dostupné datové sady vodního hospodářství zahrnuté do Hydro-ekologického informačního systému (HEIS), který VÚV vyvíjí již od 90. let [1]. Naplňuje tak Národní strategii otevřeného přístupu ČR k vědeckým informacím na léta 2017–2020, kterou vláda České republiky schválila 14. června 2017 [2] a jež navazuje na už dříve deklarované potřeby a výhody sdílení vědeckých a odborných dat. Na úrovni EU byla přijata Směrnice 2019/1024 ze dne 20. června 2019 o otevřených datech a opakovaném použití informací veřejného sektoru, která nahradila starší Směrnici 2003/98/ES. Směrnice 2019/1024 nově v čl. 10 upravuje (mimo jiné) otevřenost výzkumných dat pro opakované použití dalšími uživateli. Základní myšlenkou pro sdílení výzkumných dat je, že jejich zpřístupnění zvyšuje věrohodnost provedeného výzkumu. Navíc výzkumná data mohou být užitečná nejen pro řešitele, jenž data získal, ale též pro další vědce, což umožní opatřit si výsledky v jiném kontextu a pohledem někoho jiného. I proto byl v České republice v rámci hodnocení výsledků výzkumu zaveden výsledek typu S – veřejně dostupná datová sada.

Standardní vědecké publikace jsou zaměřeny primárně na analýzu a šíření výsledků výzkumu. Na druhou stranu vytvoření datové sady s výzkumnými daty spotřebuje často značné finanční, materiální i personální zdroje. Je důležité, aby autoři vzniklých datových sad s výzkumnými daty získali příslušné uznání za práci vynaloženou na pořízení datové sady [3]. Toho lze dosáhnout např. citací článku popisujícího datovou sadu, což vedlo ke vzniku nového typu článku „data paper“ [4]. Tyto články nejsou primárně zaměřeny na výsledky výzkumů, ale na popis datových sad, které v rámci výzkumu vznikly. Hlavním cílem těchto článků je usnadnit reprodukci a znovupoužití těchto datových sad, jež jsou publikovány pod některou ze svobodných licencí (např. Creative Commons). A o tento typ odborných článků se nyní rozšiřuje i časopis VTEI. Tím se připojuje k mnoha vědeckým nakladatelstvím, která publikují datové články, nebo dokonce vydávají specializované časopisy zaměřené na tento typ článků, jako např. Scientific data (ISSN 2052-4463) vydavatelství Nature Publishing Group, NCHS data brief (ISSN 1941-4927), který vydává U. S. National Center for Health Statistics, Data in Brief (ISSN 2352-3409) vydavatelství Elsevier BV, Geoscience Data Journal (ISSN 2049-6060) vydavatelství John Wiley and Sons Inc., nebo Data (ISSN 2306-5729) vydavatelství MDPI AG. Jedním z nejstarších časopisů je Journal of Chemical & Engineering Data (ISSN 0021-9568) nakladatelství ACS Publications, vycházející již od roku 1956.

Samozřejmě i datové články musejí splňovat určitá kritéria, aby je bylo možno považovat za výsledky vědecké činnosti, a naplňovat podmínky Národní strategie otevřeného přístupu ČR k vědeckým informacím. Jedním ze základních kritérií je splnění podmínek pro FAIR data [5], tj. dostupnost, přístupnost, interoperabilitu a opětovné použití dat. Na základě praxe jiných časopisů byly stanoveny následující podmínky pro datové články:

1. Časopis VTEI nezajišťuje ukládání datových sad. Datové sady musejí být hostovány v důvěryhodném datovém úložišti a musí být zajištěn stálý přístup k popisované datové sadě.
2. Datové úložiště, ve kterém jsou data uložena, by mělo nabídnout zaručené uchování a podle principů FAIR (Findable, Accessible, Interoperable and Re-usable) by mělo zajistit dostupnost, přístupnost, interoperabilitu a opětovné použití dat (vhodný repozitář lze nalézt v Mezinárodním registru repozitářů pro výzkumná data <https://www.re3data.org> nebo v databázi Open access repozitářů <https://v2.sherpa.ac.uk/pendoar/>; univerzálním repozitářem je např. ZENODO – <https://www.zenodo.org>).
3. Publikovaná datová sada musí být původní sadou informací, jež jsou získávány vědeckou metodou a mají hodnotu pro výzkumnou či odbornou komunitu.
4. Datová sada musí být důkladně popsána a také být přesná, opakovaně použitelná, reprodukovatelná a replikovatelná.
5. Datová sada musí být veřejně dostupná s licencí umožňující volné použití.
6. Pokud existují nezpracovaná data (označovaná také jako primární, zdrojová nebo nezpracovaná data) vztahující se k jakýmkoli tabulkám, grafům či obrázkům v rukopisu, musí být tato data veřejně dostupná, a to buď s datovým článkem (např. jako doplňkový soubor), nebo hostovaná na důvěryhodném úložišti dat (preferováno).
7. Všechny protokoly nebo metody používané k získávání údajů musejí být popsány v článku a podléhají recenznímu řízení. Tyto protokoly a metody musejí splňovat etické principy.
8. U údajů, jež z etických důvodů vyžadují kontrolu přístupu, musí být poskytnut mechanismus, aby redaktoři a recenzenti mohli přistupovat k těmto údajům bez odhalení jejich totožnosti autorům.
9. Sekundární data jsou výjimečně povolena, pokud jsou upravena pomocí postupů, díky nimž je datová sada jedinečná, autoři poskytují vědecký protokol pro sběr/vytváření dat, sběr sekundárních dat nebo analýza přidává těmto datům významnou hodnotu. Jsou-li popisována sekundární data, musí být poskytnut seznam použitých primárních zdrojů dat a veřejně zpřístupněna celá sekundární datová sada, a to buď s datovým článkem (např. jako doplňkový soubor), nebo hostovaná v důvěryhodném datovém úložišti.

Články o recenzi nebo doplňkové soubory z článku o recenzi se nepovažují za původní data a obvykle nejsou pro zveřejnění vhodné. Ve snaze usnadnit autorům tvorbu datových článků byla připravena jeho šablona, která je k dispozici v sekci Pokyn autorům coby soubor VTEI Data Article Template 1.2.docx.

Jednou z diskutovaných otázek ohledně datových článků je, zda a jak tyto články recenzovat. Recenze (Peer review) může zvýšit důvěru ve vědecké údaje i výsledky a umožnit hodnocení a certifikaci datových souborů z hlediska kvality [6]. Proto i datové články publikované ve VTEI procházejí recenzním řízením stejně jako odborné články.

V tomto čísle VTEI na str. 38 vychází první z datových článků. Věříme, že datové články budou motivující pro tvůrce dat, aby autoři důkladně ověřovali, dokumentovali, kontrolovali a šířili svou práci v souladu s principy FAIR.

## Literatura

[1] PICEK, J. HEIS VÚV v roce 2006. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace* [on-line]. 2006, roč. 48, č. 3, s. 14–17. ISSN 0322-8916. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/archiv/>

[2] VLÁDA ČR. *Národní strategie otevřeného přístupu ČR k vědeckým informacím na léta 2017–2020*. Praha: Úřad vlády České republiky. 2017

[3] WALTERS, W. H. Data journals: incentivizing data access and documentation within the scholarly communication system. *Insights* [on-line]. 2020, roč. 33, č. 1, s. 18. ISSN 2048-7754. Dostupné z: [doi:10.1629/uksg.510](https://doi.org/10.1629/uksg.510)

[4] KUNZE, J. A., P. CRUSE, R. HU, S. ABRAMS, K. HASTINGS, C. MITCHELL a L. R. SCHIFF. Practices, Trends, and Recommendations in Technical Appendix Usage for Selected Data-Intensive Disciplines [on-line]. 2011. Dostupné z: <https://escholarship.org/uc/item/9jw4964t>

[5] WILKINSON, M. D., M. DUMONTIER, I. J. AALBERSBERG, G. APPLETON, M. AXTON, A. BAAK, N. BLOMBERG, J.-W. BOITEN, L. B. DA SILVA SANTOS, P. E. BOURNE, J. BOUWMAN, A. J. BROOKES, T. CLARK, M. CROSAS, I. DILLO, O. DUMON, S. EDMUNDS, C. T. EVELO, R. FINKERS, A. GONZALEZ-BELTRAN, A. J. G. GRAY, P. GROTH, C. GOBLE, J. S. GRETHE, J. HERINGA, P. A. C. T. HOEN, R. HOOFT, T. KUHN, R. KOK, J. KOK, S. J. LUSHER, M. E. MARTONE, A. MONS, A. L. PACKER, B. PERSSON, P. ROCCA-SERRA, M. ROOS, R. VAN SCHAIK, S.-A. SANSONE, E. SCHULTES, T. SENGSTAG, T. SLATER, G. STRAWN, M. A. SWERTZ, M. THOMPSON, J. VAN DER LEI, E. VAN MULLIGEN, J. VELTEROP, A. WAAGMEESTER, P. WITTENBURG, K. WOLSTENCROFT, J. ZHAO a B. MONS. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data* [on-line]. 2016, roč. 3, č. 1, s. 160018. ISSN 2052-4463. Dostupné z: [doi:10.1038/sdata.2016.18](https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18)

[6] MAYERNIK, M. S., S. CALLAGHAN, R. LEIGH, J. TEDDS a S. WORLEY. Peer review of datasets: When, why, and how. *Bulletin of the American Meteorological Society* [on-line]. 2015, roč. 96, č. 2, s. 191–201 [vid. 30. květen 2021]. ISSN 0003-0007, 1520-0477. Dostupné z: [doi:10.1175/BAMS-D-13-00083.1](https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00083.1)

## Autor

**Ing. Libor Ansoorge, Ph.D.**  
ORCID: 0000-0003-3963-8290

# Šedá vodní stopa znečištění vypouštěného z čistíren odpadních vod v ČR evidovaných ve vodní bilanci v období 2002–2018 – datová sada

LIBOR ANSORGE, LADA STEJSKALOVÁ, JIŘÍ DLABAL

**Klíčová slova:** šedá vodní stopa – čistírny odpadních vod – bodové zdroje znečištění – Česká republika

## ABSTRAKT

V tomto článku je představena datová sada uvádějící hodnoty šedé vodní stopy pro vypouštěné vody z čistíren odpadních vod v České republice. Šedá vodní stopa je kvalitativní ukazatel převádějící vypouštěné znečištění na objem vody potřebný k jeho naředění na koncentrace neškodné pro životní prostředí. Informace o šedé vodní stopě jednotlivých zdrojů znečištění jsou využitelné všemi subjekty zabývajícími se hodnocením jakosti vod, vodní stopou, dopadem lidské činnosti na životní prostředí, udržitelností užívání vodních zdrojů apod. Proto byly analyzovány údaje o čistírnách odpadních vod evidovaných ve vodní bilanci podle vyhlášky č. 431/2001 Sb., za období 2002 až 2018 a stanovena vodní stopa znečištění přitékajícího do čistíren i odtékajícího z čistíren odpadních vod.

— **Dataset:** <https://zenodo.org/record/4602864>

— **Licence:** Creative Commons Attribution 4.0 International

## Článek se souvisejícím výzkumem

ANSORGE, L., STEJSKALOVÁ, L., DLABAL, J. Effect of WWTP size on grey water footprint – Czech Republic case study. *Environmental Research Letters*. **15**(10), 104020. 2020. ISSN 1748-9326. Dostupné z: doi: 10.1088/1748-9326/aba6ae

## SOUHRN

Koncept vodní stopy byl představen v roce 2002 [1] a dnes je jedním z rozšířených nástrojů pro hodnocení udržitelnosti užívání vodních zdrojů [2]. Vodní

stopa patří do rodiny environmentálních stop [3], které umožňují podívat se na problémy užívání přírodních zdrojů z jiné perspektivy. Šedá vodní stopa je kvalitativní ukazatel převádějící vypouštěné znečištění na objem vody potřebný k jeho naředění na koncentrace neškodné pro životní prostředí [4]. Informace o šedé vodní stopě jednotlivých zdrojů znečištění jsou využitelné všemi subjekty zabývajícími se hodnocením jakosti vod, vodní stopou, dopadem lidské činnosti na životní prostředí, hodnocením udržitelnosti využívání vodních zdrojů apod. Proto byly analyzovány údaje o čistírnách odpadních vod (ČOV) evidovaných ve vodní bilanci podle vyhlášky č. 431/2001 Sb., a stanovena hodnota jejich šedé vodní stopy za období 2002 až 2018. Časová řada zachycená v datové sadě popisuje vývoj vypouštěného znečištění i míru, jakou čistírny odpadních vod přispívají k odstranění produkovaného znečištění. Datová sada již byla použita k analýzám na úrovni jednotlivých čistíren [5–7], dílčích povodí [8] i České republiky [9, 10]. Datová sada může sloužit k dalšímu hodnocení opatření spojených s implementací příslušných směrnic EU a výzkumu v oblasti vodní stopy, udržitelného užívání vod a hodnocení dopadů lidské činnosti na životní prostředí.

## POPIS DAT

Datová sada je tvořena jedním textovým souborem s oddělovači ve formátu csv, který obsahuje údaje popsané v tab. 1. Jako oddělovač desetinných míst je použita tečka. Datová sada je tvořena třemi dílčími částmi. První dvě představují primární data, tj. data převzatá z vodní bilance, třetí část obsahuje hodnoty šedé vodní stopy a dalších doplňujících ukazatelů. První část datové sady zahrnuje údaje pro identifikaci jednotlivých vypouštění, druhá část datové sady obsahuje údaje o vypouštěném množství znečišťujících látek a množství

Tab. 1. Struktura datové sady

| Datové pole | Význam datového pole                       | Jednotky | Zdroj dat     |
|-------------|--------------------------------------------|----------|---------------|
| ICOC        | Identifikátor jevu                         | –        | Primární data |
| JEV         | Typ jevu – VYP = vypouštění                | –        | Primární data |
| COV         | Indikace, zda je vypouštění z ČOV [Ano/Ne] | –        | Primární data |



| <b>Datové pole</b>  | <b>Význam datového pole</b>                                                                    | <b>Jednotky</b>     | <b>Zdroj dat</b> |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|
| OKEC                | Číslo oborové klasifikace ekonomických činností – OKEČ (do roku 2009)                          | –                   | Primární data    |
| CZ_NACE             | Kód Klasifikace ekonomických činností CZ-NACE (od roku 2009)                                   | –                   | Primární data    |
| KRAJ                | Kraj, kde je lokalizováno vypouštění                                                           | –                   | Primární data    |
| RM                  | Množství vypouštěných odpadních vod                                                            | tis. m <sup>3</sup> | Primární data    |
| BSK                 | Biologická spotřeba kyslíku – vypouštěná koncentrace                                           | mg/l                | Primární data    |
| CHSK                | Chemická spotřeba kyslíku – vypouštěná koncentrace                                             | mg/l                | Primární data    |
| NL                  | Nerozpuštěné látky – vypouštěná koncentrace                                                    | mg/l                | Primární data    |
| RAS                 | Rozpuštěné anorganické soli – vypouštěná koncentrace                                           | mg/l                | Primární data    |
| N_NH4               | Amoniakální dusík – vypouštěná koncentrace                                                     | mg/l                | Primární data    |
| N_ANORG             | Anorganický dusík – vypouštěná koncentrace                                                     | mg/l                | Primární data    |
| P_CELK              | Celkový fosfor – vypouštěná koncentrace                                                        | mg/l                | Primární data    |
| BSK5_PRO            | Biologická spotřeba kyslíku – produkovaná koncentrace                                          | mg/l                | Primární data    |
| CHSK_PRO            | Chemická spotřeba kyslíku – produkovaná koncentrace                                            | mg/l                | Primární data    |
| NL_PRO              | Nerozpuštěné látky – produkovaná koncentrace                                                   | mg/l                | Primární data    |
| RAS_PRO             | Rozpuštěné anorganické soli – produkovaná koncentrace                                          | mg/l                | Primární data    |
| N_NH4_PRO           | Amoniakální dusík – produkovaná koncentrace                                                    | mg/l                | Primární data    |
| NANORG_PRO          | Anorganický dusík – produkovaná koncentrace                                                    | mg/l                | Primární data    |
| P_CELK_PRO          | Celkový fosfor – produkovaná koncentrace                                                       | mg/l                | Primární data    |
| ROK                 | Rok                                                                                            | –                   | Primární data    |
| Produkce_znečištění | Indikace, zda pro některý ukazatel dochází k nárůstu šedé vodní stopy na odtoku oproti přítoku | –                   | Vypočítaný údaj  |
| BSK_L               | Biologická spotřeba kyslíku – vypouštěné množství                                              | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| CHSK_L              | Chemická spotřeba kyslíku – vypouštěné množství                                                | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| NL_L                | Nerozpuštěné látky – vypouštěné množství                                                       | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| RS_L                | Rozpuštěné anorganické soli – vypouštěné množství                                              | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| N_NH4_L             | Amoniakální dusík – vypouštěné množství                                                        | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| N_ANORG_L           | Anorganický dusík – vypouštěné množství                                                        | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| P_CELK_L            | Celkový fosfor – vypouštěné množství                                                           | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| BSK5_PRO_L          | Biologická spotřeba kyslíku – produkované množství                                             | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| CHSK_PRO_L          | Chemická spotřeba kyslíku – produkované množství                                               | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| NL_PRO_L            | Nerozpuštěné látky – produkované množství                                                      | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| RAS_PRO_L           | Rozpuštěné anorganické soli – produkované množství                                             | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| N_NH4_PRO_L         | Amoniakální dusík – produkované množství                                                       | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| NANORG_PRO_L        | Anorganický dusík – produkované množství                                                       | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| P_CELK_PRO_L        | Celkový fosfor – produkované množství                                                          | kg/rok              | Vypočítaný údaj  |
| BSK_VS              | Šedá vodní stopa – Biologická spotřeba kyslíku – odtok z ČOV                                   | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj  |
| CHSK_VS             | Šedá vodní stopa – Chemická spotřeba kyslíku – odtok z ČOV                                     | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj  |

| Datové pole                 | Význam datového pole                                                                                            | Jednotky            | Zdroj dat       |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|
| NL_VS                       | Šedá vodní stopa – Nerozpuštěné látky – odtok z ČOV                                                             | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| RAS_VS                      | Šedá vodní stopa – Rozpuštěné anorganické soli – odtok z ČOV                                                    | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| N_ANORG_VS                  | Šedá vodní stopa – Anorganický dusík – odtok z ČOV                                                              | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| P_CELK_VS                   | Šedá vodní stopa – Celkový fosfor – odtok z ČOV                                                                 | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| N_NH4_VS                    | Šedá vodní stopa – Amoniakální dusík – odtok z ČOV                                                              | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| BSK5_PRO_VS                 | Šedá vodní stopa – Biologická spotřeba kyslíku – přítok do ČOV                                                  | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| CHSK_PRO_VS                 | Šedá vodní stopa – Chemická spotřeba kyslíku – přítok do ČOV                                                    | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| NL_PRO_VS                   | Šedá vodní stopa – Nerozpuštěné látky – přítok do ČOV                                                           | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| RAS_PRO_VS                  | Šedá vodní stopa – Rozpuštěné anorganické soli – přítok do ČOV                                                  | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| NANORG_PRO_VS               | Šedá vodní stopa – Anorganický dusík – přítok do ČOV                                                            | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| P_CELK_PRO_VS               | Šedá vodní stopa – Celkový fosfor – přítok do ČOV                                                               | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| N_NH4_PRO_VS                | Šedá vodní stopa – Amoniakální dusík fosfor – přítok do ČOV                                                     | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| Max_VS                      | Maximální hodnota vodní stopy na odtoku z ČOV                                                                   | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| Ukazatel                    | Ukazatel, pro který byla dosažena maximální hodnota vodní stopy na odtoku z ČOV                                 | –                   | Vypočítaný údaj |
| Ukazatel2                   | Pořadí ukazatele, pro který byla dosažena maximální hodnota vodní stopy na odtoku z ČOV                         | –                   | Vypočítaný údaj |
| VS/RM                       | Poměr mezi šedou vodní stopou a vypouštěným množstvím                                                           | –                   | Vypočítaný údaj |
| Max_VS_PRO                  | Maximální hodnota vodní stopy na přítoku do ČOV                                                                 | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| Ukazatel_PRO                | Ukazatel, pro který byla dosažena maximální hodnota vodní stopy na přítoku do ČOV                               | –                   | Vypočítaný údaj |
| Ukazatel2_PRO               | Pořadí ukazatele, pro který byla dosažena maximální hodnota vodní stopy na přítoku do ČOV                       | –                   | Vypočítaný údaj |
| Ukazatel2_je_v_PRO?         | Indikace, zda ukazatel determinující vodní stopu na odtoku má nenulové údaje o množství přitékajícím do ČOV     | –                   | Vypočítaný údaj |
| Ukazatel2_PRO_je_na_odtoku? | Indikace, zda ukazatel determinující vodní stopu na přítoku má nenulové údaje o množství odtékajícím z ČOV      | –                   | Vypočítaný údaj |
| Redukce                     | O kolik se snížila vodní stopa na odtoku vůči přítoku                                                           | m <sup>3</sup> /rok | Vypočítaný údaj |
| Efektivita                  | O kolik se snížila vodní stopa na odtoku vůči vodní stopě na přítoku                                            | %                   | Vypočítaný údaj |
| VaK                         | Indikace, zda vypouštění je z veřejné kanalizace                                                                | –                   | Vypočítaný údaj |
| BSK_VSre                    | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Biologická spotřeba kyslíku |                     | Vypočítaný údaj |
| CHSK_VSre                   | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Chemická spotřeba kyslíku   |                     | Vypočítaný údaj |
| NL_VSre                     | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Nerozpuštěné látky          | --                  | Vypočítaný údaj |
| RAS_VSre                    | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Rozpuštěné anorganické soli | –                   | Vypočítaný údaj |
| N_NH4_VSre                  | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Amoniakální dusík           | –                   | Vypočítaný údaj |
| N_ANORG_VSre                | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Anorganický dusík           | –                   | Vypočítaný údaj |
| P_CELK_VSre                 | Kolikrát se snížila koncentrace na odtoku vůči koncentraci na přítoku pro ukazatel: Celkový fosfor              | –                   | Vypočítaný údaj |

znečištění přítékajícího do ČOV. Třetí část pak vypočítané údaje o šedé vodní stopě jednotlivých sledovaných látek i celé ČOV, jak na odtoku z ČOV, tak na přítoku do ČOV. Datová sada obsahuje i kontrolní údaje o tom, zda nedochází v některé čistírně k nárůstu šedé vodní stopy pro jednotlivé ukazatele. Dále též kontrolu, zda jsou k dispozici údaje o přítékajícím a odtékajícím množství látky determinující šedou vodní stopu; to je důležitý údaj pro hodnocení efektu ČOV na snížení produkovaného znečištění.

## EXPERIMENTÁLNÍ DESIGN, MATERIÁLY A METODY

Z dat o odběrech a vypouštění, jež má VÚV TGM od státních podniků Povodí (na základě vyhl. č. 431/2001 Sb.) k dispozici a jsou uložena v databázi HEIS VÚV (zároveň jsou tato data každoročně zveřejněna ke stažení na portále ISVS-voda), byly z databáze vybrány údaje o vypouštění z ČOV za období 2002 až 2018 (primární data). Jednotlivé záznamy o ČOV byly vybrány na základě údaje o existenci ČOV a následně ruční validaci pomocí identifikace čistírny v názvu vypouštění.

Datové pole „Produkce znečištění“ bylo stanoveno na základě porovnání hodnoty redukce šedé vodní stopy jednotlivých ukazatelů – datová pole s koncovkou „\_VSre“. Pokud žádná z datových polí redukce šedé vodní stopy nedosahuje záporných hodnot, pak datové pole „Redukce znečištění“ má hodnotu „Ano“, v opačném případě hodnotu „Ne“.

Výpočet vypouštěného znečištění (datové pole s koncovkou „\_L“) byl proveden podle rovnice 1:

$$i\_L = i \times RM \quad (1)$$

Kde  $i \in P \{BSK, CHSK, NL, RAS, N\_NH4, N\_ANORG, P\_CELK, BSK\_PRO, CHSK\_PRO, NL\_PRO, RAS\_PRO, NNH4\_PRO, NANORG\_PRO, P\_CELK\_PRO\}$

Výpočet šedé vodní stopy (datové pole „max VS“ a „max VS\_PRO“) byl proveden podle rovnice 2:

$$GWF = \max \{GWF_1, GWF_2, \dots, GWF_i\} \quad (2)$$

Kde  $GWF_i$  (datové pole s koncovkou „\_VS“ a „\_PRO\_VS“) je šedá vodní stopa látky  $i$ , která se stanoví podle rovnice 3:

$$GWF_i = \frac{L_i}{c_{max,i} - c_{nat,i}} \quad (3)$$

Kde  $L_i$  je množství vypouštěného znečištění,  $c_{max,i}$  je maximální povolená koncentrace znečišťující látky  $i$  v toku,  $c_{nat,i}$  je přirozená koncentrace znečišťující látky  $i$  v toku. Rozdíl  $c_{max,i} - c_{nat,i}$  je označován jako asimilační kapacita toku [11] original samples were taken from trout farms in the Kabkian River, south-western Iran, and the pollution exports are calculated in first step. In the second step, river is modelled for determining the local-oriented water quality standards. Finally, total multiple-pollutant GWF is determined. Here, equations are developed for considering dissolved oxygen (DO). Pro ukazatel  $c_{max,i}$  byly použity hodnoty uváděné v ČSN 75 7221 pro II. třídu jakosti vody a pro ukazatel  $c_{nat,i}$  hodnoty pro I. třídu jakosti vody dle ČSN 75 7221. I. třída jakosti vody je v ČSN 75 7221 popsána jako stav povrchové vody, jenž nebyl významně ovlivněn lidskou

činností a při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích. II. třída jakosti vody je definována jako stav povrchové vody, jenž byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého vyváženého a udržitelného ekosystému.

Pro ukazatel rozpuštěné anorganické soli nejsou v literatuře uváděny hodnoty pro stanovení asimilační kapacity, proto byla hodnota asimilační kapacity rozpuštěných anorganických solí odvozena na základě úvahy, že RAS jsou podmnožinou rozpuštěných látek. Hodnota asimilační kapacity pro RAS byla stanovena na úrovni  $\frac{3}{4}$  asimilační kapacity rozpuštěných látek dle ČSN 75 7221. Hodnoty použité pro výpočet vodní stopy uvádí tab. 2.

Tab. 2. Hodnoty asimilační kapacity použité pro výpočet v mg/l

| BSK <sub>5</sub> | CHSK <sub>Cr</sub> | NL | RAS | N-NH <sub>4</sub> | N <sub>anorg</sub> | P <sub>celk</sub> |
|------------------|--------------------|----|-----|-------------------|--------------------|-------------------|
| 2                | 10                 | 10 | 150 | 0,2               | 2,8                | 0,1               |

Hodnoty datových polí „ukazatel“, „ukazatel2“, „ukazatel\_PRO“ a „ukazatel2\_PRO“ byly stanoveny pomocí funkcí MS Excel INDEX a POZVYHLEDAT.

Datové pole „VS/RM“ uvádí poměr mezi vypočítanou hodnotou vodní stopy (datové pole „max\_VS“) a objemem vypouštěných odpadních vod (datové pole „RM“).

Datové pole „Ukazatel2\_je\_v\_PRO?“ je typu boolean. Jedná se o kontrolní datové pole, které bylo vypočteno pomocí funkce MS Excel INDEX. Toto pole uvádí, zda znečišťující látka s nejvyšší vodní stopou na odtoku z ČOV má evidovanou hodnotu znečištění na přítoku do ČOV. Pokud tomu tak není a hodnota „Ukazatel2\_je\_v\_PRO?“ = 0, pak nemá smysl počítat údaje o redukci šedé vodní stopy na ČOV, neboť by byl výsledek ovlivněn chybějícími daty. Obdobně datové pole „Ukazatel2\_PRO\_je\_na\_odtoku?“ uvádí, zda znečišťující látka s nejvyšší vodní stopou na přítoku do ČOV má evidovanou hodnotu znečištění na odtoku z ČOV. Opět pro záznamy s nulovou hodnotou nemá smysl počítat redukci šedé vodní stopy na ČOV z důvodu ovlivnění hodnoty chybějícími daty.

Datové pole „redukce“ uvádí rozdíl mezi hodnotou vodní stopy na odtoku z ČOV (datové pole „max\_VS“) a na přítoku do ČOV (datové pole „max\_VS\_PRO“). Hodnota byla stanovena pouze pro záznamy, u nichž jsou datová pole „Ukazatel2\_je\_v\_PRO?“ = 1 a „Ukazatel2\_PRO\_je\_na\_odtoku?“ = 1. Obdobně byl proveden výpočet datového pole „efektivita“, které uvádí, o kolik % se změnila vodní stopa na odtoku vůči vodní stopě na přítoku podle rovnice 4:

$$efektivita = \frac{max\_VS\_PRO - max\_VS}{max\_VS\_PRO} \quad (4)$$

Datové pole „VaK“ bylo vyhodnoceno na základě kódů OKEČ a CZ-NACE. Hodnou VaK = 1 nabývá datové pole, pokud kód CZ-NACE začíná číslicí „36“, „37“ nebo „8411“ nebo kód OKEČ začíná číslicí „90“ nebo „7511“. Hodnou VaK = 2 nabývá datové pole, pokud kód CZ-NACE = „410010“ nebo OKEČ = „410010“. Hodnou VaK = 3 nabývá datové pole, pokud kód CZ-NACE začíná číslicí „01“, „02“ či „03“ nebo OKEČ začíná číslicí „01“, „02“ či „05“.

Hodnoty, kolikrát se snížila vodní stopa na odtoku z ČOV pro jednotlivé látky (datové pole s koncovkou „\_VSre“), byly vypočteny z koncentrací znečišťujících látek na přítoku do ČOV a odtoku z ČOV podle rovnice 5:

$$x\_VSre = \frac{x\_PRO - x}{x} \quad (5)$$

Kde  $x \in R \{BSK, CHSK, NL, RAS, N\_NH4, N\_ANORG, P\_CELK\}$

Pokud údaj o koncentraci znečišťující látky na přítoku nebo odtoku chyběl nebo byl nulový, pak nebyla hodnota snížení vodní stopy počítána a datové pole zůstalo prázdné.

Veškeré výpočty byly provedeny v tabulkovém procesoru MS Excel 2016. Prázdná datová pole znamenají, že údaje nebyly vyplněny ve zdrojových datech (pro primární data) nebo že vypočítané pole nebylo počítáno (např. z důvodu chybějících údajů pro výpočet).

## VYUŽITÍ A OMEZENÍ DATOVÉ SADY

Datová sada obsahuje primární údaje, pomocí nichž a s využitím *tab. 2* v tomto článku je možno provést kontrolu vypočítaných údajů. Využití datové sady je omezeno těmito faktory:

1. Dostupnost a kvalita primárních dat – v rámci importu primárních dat je prováděna kontrola jejich konzistence a ve spolupráci s poskytovateli dat datová sada vyčištěna. Přesto však nelze vyloučit možné chyby. Zároveň není možno doplnit chybějící data, neboť tato data často nejsou poskytovateli dat ani sbírána. Toto omezení pak má dopad zejména na výpočet redukce šedé vodní stopy na ČOV, neboť pokud je hodnota vodní stopy na vstupu a výstupu z ČOV determinována jinou znečišťující látkou a údaje o jedné z těchto látek chybějí na jednom z „konců“ ČOV, mohlo by dojít ke zkreslení skutečného efektu ČOV.
2. V několika případech dochází k nárůstu šedé vodní stopy na ČOV. Tento jev není chybou provozu ČOV, ale vyjádřením dopadu fyzikálně a biologicko-chemických procesů na ČOV, kdy jednotlivé formy látek se mohou v rámci procesu čištění odpadních vod měnit na jiné. Tím může v některých případech docházet k nárůstu množství vypouštěné konkrétní znečišťující látky oproti množství přítékajícímu na ČOV.
3. Použité hodnoty asimilační kapacity (*tab. 2*) významně ovlivňují hodnoty šedé vodní stopy. S ohledem na geografické omezení datové sady na území ČR byly použity hodnoty vyplývající z české normy ČSN 75 7221. V odborné literatuře (např. [6, 12]) je popsána řada jiných přístupů ke stanovení hodnot asimilační kapacity, které povedou k jiným výsledkům. Vzhledem k principu výpočtu (rovnice 3) má volba asimilační kapacity zásadní dopad na hodnoty vodní stopy [13, 14] current and future nutrient loads in river basins using the Global NEWS model. We present water pollution levels (WPLs) a jako rozhodující se mohou ukázat znečišťující látky, jež sice nejsou vypouštěny ve velkých množstvích, ale mají velmi nízkou asimilační kapacitu [10].
4. Primární data nepostihují všechny ČOV v České republice, ale pouze vypouštění odpadních vod spadající pod vodní bilanci. Chybí tak zejména malé ČOV s vypouštěním do 500 m<sup>3</sup>/měsíc, resp. 6 000 m<sup>3</sup>/rok. Údaje o těchto malých zdrojích je možno získat např. v rámci majetkové a provozní evidence podle zákona č. 274/2001 Sb. Jak ukázal provedený výzkum [10], je vliv těchto malých ČOV na celkovou šedou vodní stopu v ČR minimální.

## ETICKÉ UJEDNÁNÍ

Autoři deklarují, že při pořizování datové sady nebyly prováděny pokusy na zvířatech ani nebyly využity lidské subjekty či údaje ze sociálních médií. Údaje v datové sadě jsou anonymizovány.

## PŘÍSPĚVEK JEDNOTLIVÝCH AUTORŮ – CREDIT

- Libor Ansoerge – konceptualizace, metodika, formální analýza, výzkum, psaní (původní návrh)
- Lada Stejskalová – formální analýza, výzkum, ověření, psaní (recenze a úpravy)
- Jiří Dlabal – správa dat, ověření, psaní (recenze a úpravy)

## PROHLÁŠENÍ O STŘETU ZÁJMŮ

Autoři prohlašují, že nemají žádné známé konkurenční finanční zájmy nebo osobní vazby, které by měly či mohly být vnímány jako střet zájmů nebo by ovlivnily dílo uvedené v tomto článku.

## Poděkování

Vznik článku a datové sady byl podpořen z *Institucionálních prostředků na rozvoj výzkumné organizace – Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v rámci interního grantu 3600.52.01/2020.*

## Literatura

- [1] HOEKSTRA, A. Y. *Virtual Water Trade – Proceedings of the international expert meeting on Virtual Water Trade* [on-line]. Value of Water Research Report Series No. 12. Delft: IHE. 2003. Dostupné z: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report12.pdf>
- [2] ČUČEK, L., J. J. KLEMEŠ, P. S. VARBANOV a Z. KRAVANJA. Significance of environmental footprints for evaluating sustainability and security of development. *Clean Technologies and Environmental Policy* [on-line]. 2015, roč. 17, č. 8, s. 2125–2141. Dostupné z: [doi:10.1007/s10098-015-0972-3](https://doi.org/10.1007/s10098-015-0972-3)
- [3] GALLI, A., T. WIEDMANN, E. ERCIN, D. KNOBLAUCH, B. EWING a S. GILJUM. Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “Footprint Family” of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators* [on-line]. 2012, roč. 16, The State of the Art in Ecological Footprint: Theory and Applications, s. 100–112 [vid. 7. květen 2015]. ISSN 1470-160X. Dostupné z: [doi:10.1016/j.ecolind.2011.06.017](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017)
- [4] HOEKSTRA, A. Y., A. K. CHAPAGAIN, M. M. ALDAYA a M. M. MEKONNEN. *Water footprint manual: State of the art 2009*. Enschede, The Netherlands: Water Footprint Network. 2009.
- [5] STEJSKALOVÁ, L., L. ANSORGE, J. KUČERA a D. VOLOŠINOVÁ. Využití indikátoru šedé vodní stopy k posouzení role ČOV v malém povodí. In: *13. biennální konference Voda*. Poděbrady: CzWA, 2019, s. 198–205. ISSN 2694-7013.
- [6] ANSORGE, L., L. STEJSKALOVÁ, J. DLABAL a J. KUČERA. Šedá vodní stopa jako ukazatel udržitelného vypouštění odpadních vod – případová studie Povodí Ohře. *Entechno* [on-line]. 2019, roč. 2, č. 2, s. 12–18 [vid. 30. leden 2020]. ISSN 2571-1040. Dostupné z: [doi:10.35933/ENTECHO.2019.12.001](https://doi.org/10.35933/ENTECHO.2019.12.001)
- [7] ANSORGE, L., L. STEJSKALOVÁ a J. DLABAL. Grey water footprint as a tool for implementing the Water Framework Directive – Temelín nuclear power station. *Journal of Cleaner Production* [on-line]. 2020, roč. 263, s. 121541. ISSN 0959-6526. Dostupné z: [doi:10.1016/j.jclepro.2020.121541](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121541)
- [8] ANSORGE, L., L. STEJSKALOVÁ, J. DLABAL a E. ČEJKA. Wpływ oczyszczalni ścieków na redukcję zanieczyszczeń odprowadzanych w czeskiej części dorzecza Odry [Effect of wastewater treatment plants to the reduction of pollution discharged in the Czech part of the Odra river]. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences* [on-line]. 2020, roč. 29, č. 2, s. 123–135 [vid. 29. červen 2020]. ISSN 1732-9353. Dostupné z: [doi:10.22630/PNIKS.2020.29.2.11](https://doi.org/10.22630/PNIKS.2020.29.2.11)
- [9] ANSORGE, L., L. STEJSKALOVÁ a J. DLABAL. Grey water footprint of point sources of pollution: the Czech Republic study. *Journal of Urban and Environmental Engineering* [on-line]. 2020, roč. 14, č. 1, s. 144–149. ISSN 1982-3932. Dostupné z: [doi:10.4090/juee.2020.v14n1.144149](https://doi.org/10.4090/juee.2020.v14n1.144149)
- [10] ANSORGE, L., L. STEJSKALOVÁ a J. DLABAL. Effect of WWTP size on grey water footprint – Czech Republic case study. *Environmental Research Letters* [on-line]. 2020, roč. 15, č. 10, s. 104020 [vid. 21. září 2020]. ISSN 1748-9326. Dostupné z: [doi:10.1088/1748-9326/aba6ae](https://doi.org/10.1088/1748-9326/aba6ae)
- [11] JAMSHIDI, S. An approach to develop grey water footprint accounting. *Ecological Indicators* [on-line]. 2019, roč. 106, s. 105477 [vid. 25. červen 2019]. ISSN 1470-160X. Dostupné z: [doi:10.1016/j.ecolind.2019.105477](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105477)
- [12] FRANKE, N. A., H. BOYACIOGLU a A. Y. HOEKSTRA. *The grey water footprint accounting: tier 1 supporting guidelines* [on-line]. Delft, The Netherlands: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2013 [vid. 24. květen 2018]. Water research report series, 65. Dostupné z: <http://waterfootprint.org/media/downloads/Report65-GreyWaterFootprint-Guidelines.pdf>

[13] LIU, C., C. KROEZE, A. Y. HOEKSTRA a W. GERBENS-LEENES. Past and future trends in grey water footprints of anthropogenic nitrogen and phosphorus inputs to major world rivers. *Ecological Indicators* [on-line]. 2012, roč. 18, s. 42–49 [vid. 7. srpen 2019]. ISSN 1470-160X. Dostupné z: doi:10.1016/j.ecolind.2011.10.005

[14] MIGLIETTA, P. P., P. TOMA, F. P. FANIZZI, A. DE DONNO, B. COLUCCIA, D. MIGONI, F. BAGORDO a F. SERIO. A Grey Water Footprint Assessment of Groundwater Chemical Pollution: Case Study in Salento (Southern Italy). *Sustainability* [on-line]. 2017, roč. 9, č. 5, s. 799 [vid. 10. březen 2019]. Dostupné z: doi:10.3390/su9050799

## Autoři

**Ing. Libor Ansorge, Ph.D.**

✉ libor.ansorge@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-3963-8290

**Mgr. Lada Stejskalová**

ORCID: 0000-0003-2271-7574

**Ing. Jiří Dlabal**

ORCID: 0000-0002-2401-2917

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

DOI: 10.46555/VTEI.2021.05.003

## GREY WATER FOOTPRINT OF POLLUTION DISCHARGED FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS IN THE CZECH REPUBLIC REGISTERED IN THE WATER BALANCE IN THE PERIOD 2002–2018 – DATA SET

**ANSORGE, L.; STEJSKALOVÁ, L.; DLABAL, J.**

T. G. Masaryk Water Research Institute

**Keywords:** grey water footprint – wastewater treatment plants – point source of pollution – Czech Republic

The article describes a data set listing grey water footprint values for discharges from wastewater treatment plants in the Czech Republic. Information on the grey water footprint of individual sources of pollution can be used by all stakeholders involved in water quality assessment, water footprint assessment, environmental impact assessment, sustainability of water resource use, etc. The data on wastewater treatment plants registered in the water balance pursuant to Order No 431/2001 Sb. for the period 2002 to 2018 have been analysed and the water footprint of pollution of influent to treatment plants and of effluent from treatment plants has been established.



# Autoři VTEI

## Ing. Libor Ansoerge, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [libor.ansorge@vuv.cz](mailto:libor.ansorge@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)



Ing. Libor Ansoerge, Ph.D., je zaměstnancem VÚV TGM od roku 2011. V roce 1997 ukončil inženýrské studium na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze, obor Vodní hospodářství a vodní stavby, a v roce 2017 na stejné fakultě pak doktorský studijní program, obor Životní prostředí. Profesionálně se zabývá širokým spektrem problémů spojených s užíváním vody se zaměřením na budoucí potřeby vody pro společnost a hodnocení dopadů užívání vody. Jako hlavní řešitel nebo člen řešitelského týmu se podílí či podílel na řešení několika výzkumných projektů.

## Ing. Jana Čejková

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [jana.cejkova@vuv.cz](mailto:jana.cejkova@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)



Ing. Jana Čejková je zaměstnána ve VÚV TGM, v. v. i. od roku 2014. V roce 2016 se stala vedoucí oddělení Zkušební laboratoře vodohospodářských zařízení. Ing. Čejková vystudovala bakalářský obor Potraviny a výživa na Fakultě potravinářské a biochemické technologie VŠCHT v Praze a magisterský obor Kvalita a zpracování zemědělských produktů na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů ČZU v Praze. Ve své profesní kariéře se zabývá problematikou čištění odpadních vod, zejména zkoušením domovních čistíren odpadních vod a dalších malých vodohospodářských zařízení. Je hlavním řešitelem několika komerčních zakázek. Podílí se na řešení zakázek z veřejných soutěží a na podpoře výkonu státní správy.

## Jan Kašpárek

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [jan.kasperek@vuv.cz](mailto:jan.kasperek@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)



Jan Kašpárek je pracovníkem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 1998. Původně působil v oddělení laboratorní a měřicí techniky VÚV, pak ve firmě KAP (monitoring kontaminovaných oblastí) a Ústavu radiační onkologie (dozimetrie). Absolvoval Střední průmyslovou školu elektrotechnickou. Zabývá se měřením průtoků v tocích, přístrojovým měřením hladiny vodních toků, měřením hladiny podzemní vody. Zajišťuje dlouhodobá meteorologická a hydrologická pozorování v polické pánvi a povodí Rakovnického potoka, projekty, instalace a provoz pozorovacích sítí pro řadu významných projektů, například pro Zatápění zbytkových jam, Rebilance podzemních vod či Lokality akumulace povrchových vod.

## Ing. Pavel Richter, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha

✉ [pavel.richter@vuv.cz](mailto:pavel.richter@vuv.cz)  
[www.vuv.cz](http://www.vuv.cz)



Ing. Pavel Richter, Ph.D., je zaměstnancem Odboru ochrany vod a informatiky ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2007. V roce 2008 dokončil v magisterském studijním programu Krajinné inženýrství studijní obor Regionální environmentální správa na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. V roce 2015 pak tamtéž úspěšně ukončil v doktorském studijním programu Environmentální vědy studijní obor Aplikovaná a krajinná ekologie. Zaměřuje se na problematiku zadržování vody v krajině a na vývoj krajiny na základě interpretace archivních mapových podkladů. Zejména na krajinné změny v oblasti mokřadů, vodních ploch a vodních toků včetně jejich niv. V rámci provozu Hydroekologického informačního systému se zabývá především evidencemi ISVS-VODA a evidencemi správního členění, chráněných území, vodních toků, vodních ploch a hydrologických povodí.



## Výchova vodohospodářů v Čechách (a na Moravě)

*Ve vodařině se mezi odborníky i veřejností často diskutuje o suchu, povodních, kvalitě vody ke koupání, o zajištění zásobování pitné vody atd., a to vždy podle toho, co zrovna nastane. Je však stejná pozornost věnována například zajištění další generace českých vodohospodářů? Dokáže současný mediální pohled na vodní hospodářství přitáhnout mladé studenty k vodohospodářským oborům? Měl jsem možnost si na toto téma popovídat s panem **doc. dr. Ing. Pavlem Fošumpauem**, zástupcem vedoucího katedry hydrotechniky Fakulty stavební ČVUT v Praze.*

**Pane docente, začněme náš rozhovor ohlédnutím se za vašimi profesními počátky. Proč „vodařina“, respektive co vás přimělo vybrat si jako profesi vodní hospodářství?**

To je celkem jednoduché. Pocházím z Vysokého Mýta, kde sídlí Vyšší odborná škola stavební a Střední škola stavební, dříve Střední průmyslová škola stavební a ještě dříve Vyšší průmyslová škola stavební, s oborem vodohospodářské stavby. Historie této školy je dlouhá více než 120 let a je nejstarší střední školou zaměřenou na vodní hospodářství u nás. Navíc můj táta je „vodař“, takže volba, co mě bude živit, byla vcelku jasná.

**Sám si pamatují, že dostat se na stavební nebo strojní průmyslovku nebylo až tak snadné, vyžadovalo to dobrý průměr na základní škole a zvládnutí přijímacích zkoušek. Jak to bylo u vás?**

Upřímně? Ze zvládnutí přijímacích zkoušek jsem měl celkem strach. Že pocházím z Vysokého Mýta a můj táta byl z oboru, určitě neznamenal, že se

automaticky na školu dostanu. Jelikož to byla – a samozřejmě stále je – škola s dobrým renomé, uchazečů o studium bylo dost a z celé republiky. Naštěstí vše proběhlo v pořádku a na školu jsem byl přijat.

**Zmínil jste, že o studium na škole ve Vysokém Mýtě byl velký zájem. Dokážete odhadnout, kolik vašich spolužáků potom dál pokračovalo v oboru?**

Řada z nich po maturitě v oboru zůstala, někteří pokračovali ve studiu na vysoké škole. Odhaduji, že v oboru zůstalo mezi padesáti a sedmdesáti procenty z nich. Zbytek se věnuje stavařině a nepatrné minimum pak úplně něčemu jinému.

**Střední školu jsem studoval zhruba ve stejných letech jako vy a zažil jsem na ní listopadové události roku 1989. Když se na to podívám zpětně, byla to doba, kdy se změnil nejen režim, ale i přístup ke studiu a výuce. Dlouholetý ředitel byl odvolán, mistři oboru pomalu končili nebo odešli zkusit své štěstí v podnikání.**

Je pravda, že v devadesátých letech začaly vznikat nové školy a nové obory. Nezaznamenal jsem však, že by se po listopadových událostech na střední škole ve Vysokém Mýtě něco zásadního změnilo, alespoň co se týká složení učitelského sboru.



## Zaujala mě vaše analýza, kterou jste v roce 2018 prezentoval na Valné hromadě ČVTVHS. Celkem podrobně jste v ní rozebral aktuální stav vzdělávání oboru vodní hospodářství. Co vás k jejímu zpracování přimělo?

Tehdy jsem byl výborem České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti požádán, abych v rámci odborného programu pravidelné Valné hromady připravil přednášku na téma vzdělávání ve vodním hospodářství. Naše společnost přikládá tomuto tématu dlouhodobě významnou pozornost, protože zástupci kolektivních členů si dobře uvědomují prohlubující se nedostatek kvalifikovaných absolventů s vodohospodářským vzděláním. Uskutečnil jsem tehdy anketu mezi středními a vysokými školami v ČR, která umožnila analyzovat pokles absolventů ve vazbě na řadu dalších faktorů.

### S jakou odezvou se vaše prezentace setkala?

Přímo na jednání Valné hromady byl o prezentaci a její výsledky poměrně velký zájem. V rychlosti vzpomenu například kolegy ze státního podniku Povodí Ohře. Toto téma jsem také hodně diskutoval se zástupci středních škol, s nimiž jsem pak rozjel dotazníkovou akci. Je zřejmé, že vodohospodářské školství od 90. let prošlo určitým vývojem.

### Co bylo dál? Připojil se někdo k vaší výzvě zabývat se zájmem o studium oboru vodní hospodářství?

Bylo to asi tak vše, co má prezentace vyvolala, a k žádnému dalšímu pokračování už nedošlo. I když, abych nekrivdil, letos jsem byl pozván do panelové diskuze připravovaných Hydrologických dnů, a to na téma „Jak bude vypadat český a slovenský hydrolog budoucnosti?“.

### Jak by měl podle docenta Fošumpaura vypadat „vodohospodář budoucnosti“?

V dnešní době technologií školy často produkují odborníky v podobě uživatelů různých softwarových aplikací, které se omezují na práci s daty a jejich zadávání do systémů. Výuka vodohospodářů se však podle mého soudu musí zaměřovat více na vysvětlování základních principů, jak jednotlivé procesy fungují, jak je správně schematizovat, jaké zjednodušení je přijatelné. Prostě pomoci studentům vytvořit si určitý odborný nadhled, který jim pak i umožní učinit správnou interpretaci získaných výsledků. Kromě užívání volně dostupných programů také dlouhodobě podporuji schopnost programovat vlastní algoritmy, což potom dává inženýrům univerzální schopnosti řešení problémů. Chybí mi určitá propojenost s realitou a praxí. Takže určitě a nejlépe kombinace obojího.

### To je pravda. Na střední škole jsme jako studenti absolvovali podstatnou část výuky v provozu. Člověk si tak pod dohledem, někdy až drobněhledem mistra dílny osahal teorii. Chybí dnešní době právě toto?

U nás na Fakultě stavební ČVUT pořádáme pro studenty exkurze a praktické semináře a myslím, že jsou tam pro ně vytvořeny dobré podmínky. Obávám se, že současné směřování vysokých škol se však ubírá více na výzkum než na samotnou praxi. Vypouštíme tím do světa spíše vědce a nedokážeme reagovat na společenskou potřebu, to jest vybavit studenta alespoň základními praktickými zkušenostmi. Domnívám se, že je třeba nalézt rozumnou rovnováhu mezi potřebou studenty vybavit základními postupy navrhování, realizace a provozu vodních děl a současně v nich probouzet touhu po tvůrčím myšlení a kreativité při inženýrské práci tak, jak to hezky napsal profesor Ladislav Votruba ve svém spise „Cesta studenta k tvůrčí osobnosti“.

## Nechci to zlehčovat, ale myslím, že by oboru pomohlo něco podobného, co udělal pan Pohreich pro gastronomii, tedy zvýšit povědomí a zájem mladých lidí studovat tento obor.

Student by měl mít při výuce vzor v podobě učitele, jenž se podílí na faktické realizaci konkrétních vodohospodářských projektů. Takový pedagog dokáže přednášet nejen teorii, ale hlavně ji obohatit o praktické zkušenosti z realizace některého z projektů. Vzpomenu například řešení hydraulických problémů vodních děl v rámci obnovení Vltavské vodní cesty. Pak je to ještě otázka samotného kantora jako osobnosti, která dokáže studenty zaujmout.

### Když se řekne vodohospodář, asi si každý představí, že je to povolání spíše pro muže. Řekněte mi, jaký je zájem o vodohospodářské obory ze strany dívek/žen a jak si stojí při studiu?

Asi to překvapí, ale poměr studentů a studentek je u nás vyrovnaný, a co se týká studijních výsledků, jsou na tom holky často lépe, protože jsou pečlivější a trpělivější.

### Co by podle vás přispělo k zatraktivnění oboru vodní hospodářství?

To je zásadní otázka. Je třeba obnovit prestiž. Po povodni nebo suchu společnost hledá na vodohospodářích a vodních stavbách spíše chyby. Tyto jevy jsou často vykládány jako důsledek špatného přístupu vodohospodářů za poslední desítky let. Je třeba lépe prezentovat úspěchy. Například provádět simulace, jak by vypadalo zásobování vodou, kdyby nebyly nádrže. Jak by vypadal průběh konkrétní povodně, kdyby nebyla protipovodňová opatření. A hlavně odstranit nesmyslný mýtus, že vodohospodáři betonují řeky a podobně. Toto je podle mého názoru vytvářeno již samotnými médii. Vysvětlovat problematiku povodní nebo sucha ve zkratkách a z úst „nevodařů“ obecně snižuje prestiž našeho oboru v očích veřejnosti. Jedná se o celospolečenský problém spojený se ztrátou důvěry v odborníky a authority, což je živnou půdou pro šířitele nesmyslných teorií a „fake news“, společnost je pak daleko zranitelnější. Bohužel vodní hospodářství není v tomto ohledu výjimkou, po každé povodni či suchu se vždy objeví mnoho samozvaných „expertů“.

### Nakonec ještě jedna otázka. Z vaší analýzy je patrný snižující se zájem mladých lidí studovat vodohospodářské obory. Mně z toho vyplývá skutečnost, že reálně hrozí nejen úbytek kvalifikovaných lidí, ale že může nastat situace, kdy tento obor nebude mít ani kdo učit.

Snižující se zájem o náš obor je patrný, nemyslím si však, že by to došlo až tak daleko. Během studia si vybíráme studenty, kteří dál pokračují ve své profesi u nás na ČVUT. O budoucnost kantorů v našem oboru strach nemám.

Ing. Josef Nistler

### POZN. REDAKCE:

*V rozhovoru zmíněná analýza doc. Pavla Fošumpaura obsahuje velmi zajímavá data, která se průběžně aktualizují. S panem docentem jsme předběžně domluveni, že na toto téma vyjde v některém z dalších čísel VTEI článek.*

# HEIS VÚV: 25 let vývoje a provozu informačního systému

## SOUHRN... ANEB ČLÁNEK O INTERNETOVÉM PORTÁLU, TO DNES UŽ NIKDO ČÍST NEBUDE – CO V ČLÁNKU NAJDETE, CO NE A PROČ

V letošním roce je tomu rovných 25 let od zahájení vývoje (a následně pak provozu) Hydroekologického informačního systému VÚV TGM (HEIS VÚV). Tato doba je z hlediska kontinuálního vývoje a provozu informačního systému v současném prostředí takřka neustálých technologických a organizačních změn téměř úctyhodná a zcela jistě si zaslouží jak alespoň malé ohlédnutí za uplynulým obdobím, tak také stručnou rekapitulaci zaměřenou na současnost informačního systému (čtenář může namítnout, že zde by se nabízelo zmínit se podrobněji i o výhledu a plánech do budoucna, v této oblasti si však spekulovat příliš netroufáme, a proto ji zmíníme pouze stručně v závěru textu). Jelikož článek zaměřený výhradně na popis internetového portálu, který si ostatně může každý zájemce „osahat“ naživo (a jehož nějakou dobu, včetně např. mapových služeb, provozuje v dnešní době již takřkajíc kdekdo), by asi pro čtenáře příliš zajímavý ani přínosný nebyl, rozhodli jsme se pro jeho poněkud méně tradiční pojetí, a to jak po stránce formy (neformálnější), tak i obsahu, tj. místo tradičního popisu technických řešení atp. se soustředíme spíše na zajímavosti a vybrané užitečné informace).

## STARŠÍ ROČNÍKY TO ZNAJÍ ZPAMĚTI, ALE TY MLADŠÍ TO UŽ NEMOHOU PAMATOVAT... ANEB NĚCO Z HISTORIE

Jak dříve narození pravděpodobně vědí (a později narození naopak pravděpodobně nevědí), počátky HEIS VÚV sahají do roku 1996, kdy byly formálně zahájeny práce na tomto systému [1]. Předcházela jim metodická a systémová příprava pod hlavičkou projektu HEIS ČR, jenž pod patronací Ministerstva životního prostředí zajišťoval koordinaci [2] vývoje zamýšleného společného odborného informačního systému zaměřeného na problematiku vodního hospodářství a který koordinoval nejen činnosti VÚV TGM, ale také Českého hydro-meteorologického ústavu (ČHMÚ) a tehdy akciových společností (dnes státních podniků) Povodí. Cílem projektu měl být vznik společného distribuovaného systému, kdy každá z organizací spravuje přidělenou množinu dat a tato data si pak vzájemně ve stanovené formě a rozsahu předávají [3]. S ohledem na tehdejší technologie a trendy vývoje byl systém navrhován zejména pro vnitřní potřebu jednotlivých organizací. Internetové datové služby, tak jak je chápeme dnes, tehdy ještě neexistovaly. Návrh systému tedy předpokládal tzv. „formulařové“ aplikace, s nimiž budou pracovat zaměstnanci jednotlivých organizací a jejich pracovišť.

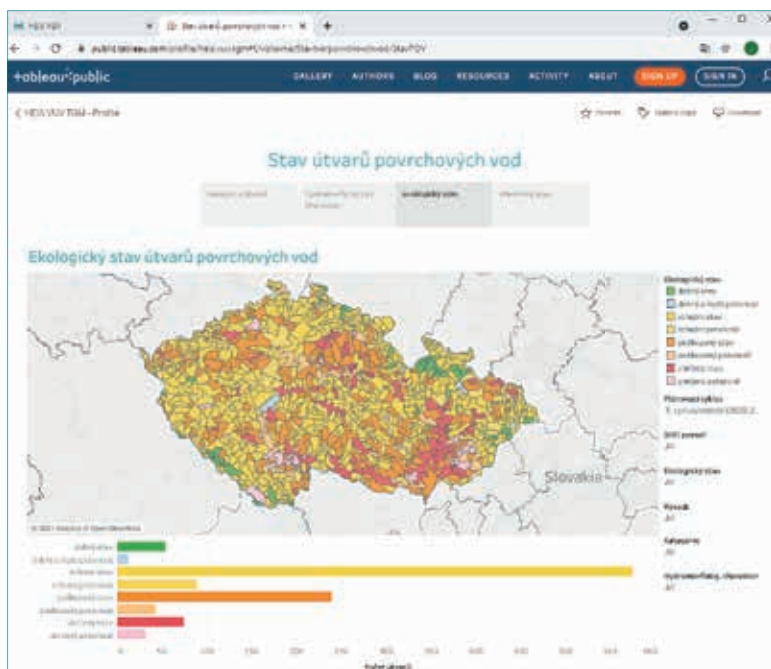
Jak postupně probíhaly přípravné a koordinační práce a následně práce na vývoji jednotlivých systémů [4, 5], docházelo zároveň i k řadě zásadních změn, a to jak technologických (zejména nástup a postupné masivní rozšíření internetu a technologií GIS), tak i organizačních (změny kompetencí v oblasti vodního hospodářství atd.). To mělo logicky za následek změny v chápání funkčnosti vyvíjených systémů, které se začaly do jisté míry ubírat různými směry, přičemž každá ze zúčastněných organizací si svoji část přizpůsobovala podle



Obr. 1. Hlavní stránka internetového portálu HEIS VÚV. V horní polovině okna naleznete mj. odkaz na hlavní mapový pohled „Mapa VH a ochrana vod“, v dolní polovině odkazy na stránky projektů.

svých potřeb. Vyvíjené systémy se ve většině organizací později transformovaly do svých (zpravidla jinak pojmenovaných) následníků, VÚV TGM však označení systému jako HEIS VÚV zachoval.

Jak již bylo zmíněno, technologický vývoj pro HEIS VÚV postupně znamenal změnu orientace směrem k internetovým technologiím. Tato změna mj. umožnila poskytovat obdobným způsobem datovou podporu nejen pro vnitřní potřebu VÚV (od roku 2000), ale také začít poskytovat data i veřejnosti prostřednictvím internetu (od roku 2001). Následný vývoj [6] pak znamenal jak postupný technologický vývoj systému, tak zejména plnění jeho obsahu daty a dále také postupné propojování a integraci s dalšími informačními systémy, a to na různých úrovních od formální koordinace přes předávání dat až po propojování poskytovaných služeb on-line.

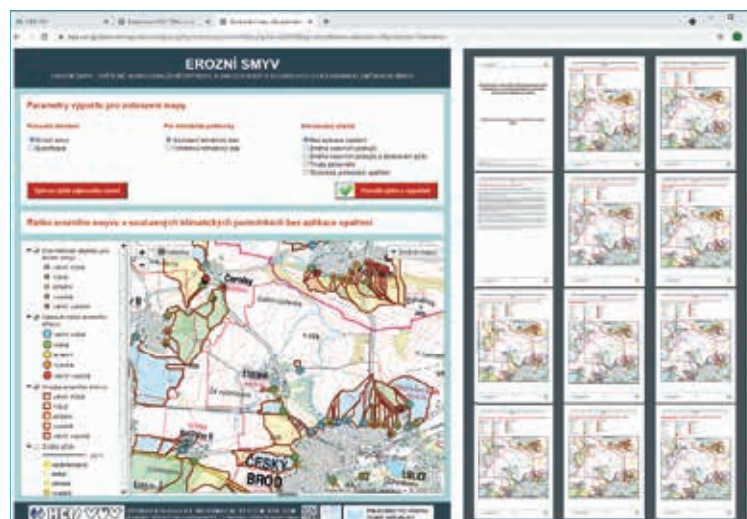


Obr. 2. V rámci průběžných inovací došlo nejen ke změně technologie hlavního mapového prohlížeče, ale nově také k aplikaci nástroje Tableau pro prezentaci dat. Prezentace dat s využitím tohoto nástroje jsou velmi interaktivní a poskytují uživateli značné možnosti přizpůsobení zobrazovaných informací. Na obrázku je vizualizace stavu útvarů povrchových vod s použitím tohoto nástroje.

## DATA, DATA A ZASE DATA... ANEB MÁTE TAM NĚCO ZAJÍMAVÉHO?

HEIS VÚV je odborným informačním systémem zaměřeným primárně na oblast vodního hospodářství a ochrany vod, respektive obecněji vodní složky životního prostředí, a tak je zřejmé, že jeho hlavním úkolem je zprostředkovat poskytování informací v dané oblasti. A informace, to jsou v dnešní době zejména data. Vzhledem k tomu, že data poskytovaná systémem naleznete na jeho internetových stránkách, a navíc že popis dat bývá často velice zdlouhavý a nudný, a tudíž jako náplň textu nepříliš atraktivní, nabízelo by se, že na tomto místě uvedeme nějakou obecnou formulaci o rozsahu publikovaných dat, dále napíšeme něco o možnosti interaktivního prohlížení a vyhledávání v mapách a připojíme nějaké printscreeny z mapového prohlížeče. V rámci tohoto článku to však uděláme naopak. Jelikož internetový portál systému [7] si můžete proklikat naživo (pro úplnost doplňujeme adresu <https://heis.vuv.cz>) a protože naopak tušíme, že při procházení portálu je poněkud obtížnější získat rychlý přehled o publikovaných datech, popis portálu jako takového vynecháme a soustředíme se na přehled toho, co na portálu najdete po stránce obsahu.

Hned na začátek zdůrazníme, že data jsou na portálu dostupná ve dvou základních skupinách. Obecná data (pro potřeby článku tato data označíme tímto – možná ne zcela výstižným – termínem; rozumíme jimi data spravovaná v územním rozsahu pokrývajícím rozsah celé ČR, jimiž jsou zejména data rozličných evidencí zpracovávaná a průběžně aktualizovaná např. podle různých vyhlášek, jakož i některé další ucelené datové sady) jsou dostupná v tzv. hlavním mapovém pohledu (odkaz „Mapa VH a ochrana vod“ na úvodní stránce portálu), specifická data vznikající v rámci odborně a úžeji zaměřených projektů pak naleznete na samostatných stránkách těchto projektů (odkazy v dolní polovině hlavní stránky portálu). A nyní k vlastním datům, respektive k tomu, co by vás v závislosti na vaší odbornosti nebo zájmu mohlo zajímat. Pro přehlednost data vždy označíme zkráceným názvem (v závorce uvedeme plný název



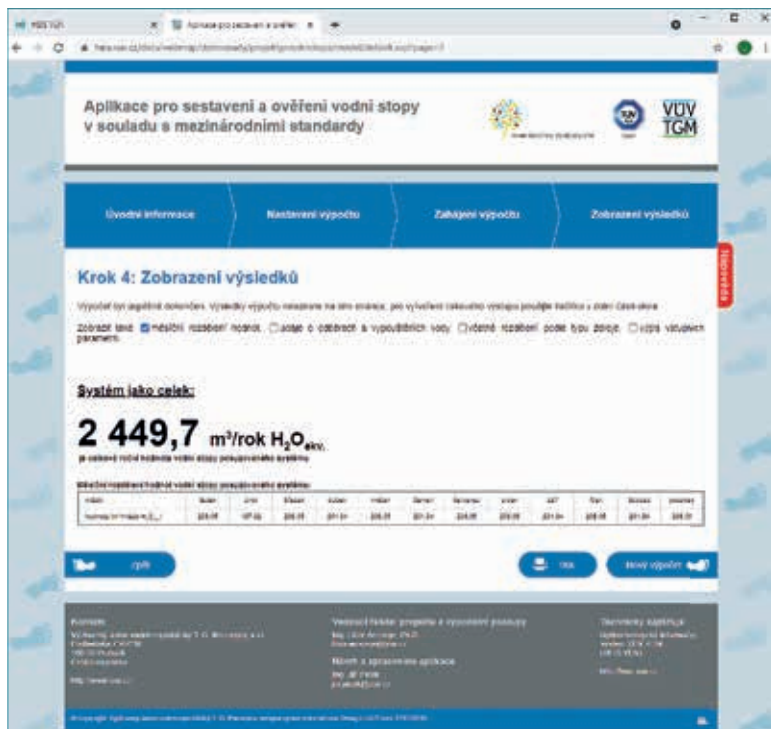
Obr. 3. Mapová aplikace realizovaná v rámci řešení projektu „Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu“ zobrazuje informace o hrozbě erozního smyvu na území ČR. Umožňuje uživateli volit zobrazení pro různé kombinace současných nebo výhledových klimatických podmínek a simulovaných scénářů protierozních opatření a výsledek – pro zvolenou kombinaci nebo pro všechny kombinace najednou – vyexportovat v podobě informativní zprávy do souboru PDF.

datové sady nebo projektu, pokud je jiný než název zkrácený) a uvedeme k nim stručnou charakteristiku, abyste věděli, co můžete – nebo naopak nemůžete – od daných dat očekávat.

## Obecná data aktuálně dostupná v rámci systému

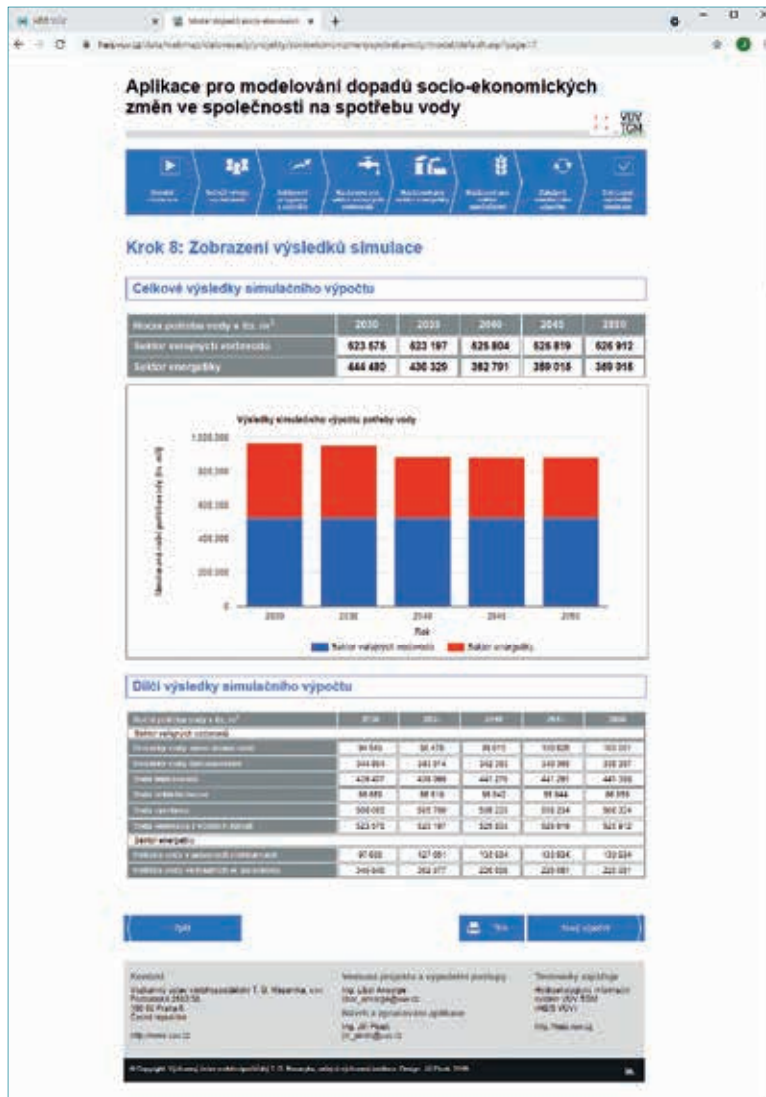
Uvedené datové sady zahrnují data, jejichž tvůrcem (primárním zdrojem nebo zpracovatelem) je VÚV TGM. Jsou to především data zpracovávaná podle některých vyhlášek, které také obvykle vymezují rozsah zahrnutých údajů [8, 9]:

- **Vodní útvary a jejich stav** (Vodní útvary včetně silně ovlivněných vodních útvarů a umělých vodních útvarů a Stav vodních útvarů a ekologický potenciál silně ovlivněných a umělých vodních útvarů). Data zahrnují údaje o vymezení útvarů povrchových a podzemních vod, o jejich charakteristikách (např. kategorie, typ atp.) a údaje o klasifikaci jejich ekologického, chemického a kvantitativního stavu nebo potenciálu. Data se aktualizují v návaznosti na šestiletý cyklus aktualizací plánů povodí.
- **Chráněné oblasti přirozené akumulace vod**. Tato datová sada se také často označuje zkratkou „CHOPAV“. Obsahuje údaje o územním vymezení oblastí, jejich identifikaci, názvu a ploše. Data vycházejí z příslušných právních předpisů (nařízení vlády) definujících vymezení oblastí.
- **Ochranná pásma vodních zdrojů**. Často se označují zkratkou „OPVZ“. Data zahrnují informace o vymezení ochranných pásem, jejich identifikaci a časově platnosti a dále také rozhodnutí o jejich stanovení. Jde o souhrnnou evidenci zpracovávanou na základě dat rozhodnutí vodoprávních úřadů. Data jsou aktualizována nárazově, zpravidla v několikaměsíčních intervalech.
- **Oblasti citlivé na živiny** (Zranitelné oblasti a Citlivé oblasti). Data zranitelných oblastí obsahují vymezení zranitelných oblastí na úrovni katastrálních území a také jejich základní identifikační údaje jako název, kód a plochu oblasti. Data jsou aktualizována v návaznosti na revize zranitelných oblastí ve čtyřletém cyklu. U citlivých oblastí je to jednoduché, tato datová sada pouze vymezuje celé území ČR jako citlivou oblast.



Obr. 4. Mezi činnosti pracoviště HEIS VÚV patří také vývoj a realizace internetových výpočetních aplikací (modelů). Zde je ukázka z aplikace pro sestavení a ověření vodní stopy uskutečněné v rámci řešení projektu „Postupy sestavení a ověření vodní stopy v souladu s mezinárodními standardy“.

- **Koupací oblasti** (Oblasti povrchových vod využívaných ke koupání). Data obsahují identifikaci místa koupací oblasti a jeho umístění na vodním toku nebo vodní nádrži i ve vztahu k územnímu členění ČR, aktualizována jsou zpravidla jednou ročně. Seznam koupacích oblastí je vytvářen MZ ve spolupráci s MŽP a MZE.
- **Záplavová území**. Zahnutý jsou údaje o jejich vymezení na vodních tocích, o dotčených obcích a o datu a čísle jednacím stanovení záplavového území vodoprávním úřadem. Rovněž obsahují vymezení záplavových území pro průtoky Q5, Q20, Q100 a vymezení aktivní zóny záplavového území. Jde o souhrnnou evidenci zpracovávanou na základě dat vydaných rozhodnutí vodoprávních úřadů. Data jsou aktualizována nárazově, zpravidla dvakrát nebo třikrát ročně.
- **Lososové a kaprové vody** (Povrchové vody, které jsou nebo se mají stát trvale vhodnými pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů). Někdy označované též jako „Rybné vody“. Obsahem je vymezení úseků vodních toků klasifikovaných jako tzv. lososové nebo kaprové, tj. údaje o typu vymezení a vodním toku, resp. jeho části, k níž se vymezení vztahuje. Data se v současné době neaktualizují, obsahují platné vymezení revidované v roce 2009.
- **Vodní toky DIBAVOD**. Datová sada zahrnuje územní identifikaci říční sítě ČR dlouhodobě vedenou a postupně aktualizovanou VÚV TGM v rámci Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD). Jde o popis říční sítě ve struktuře úsekového modelu (tzv. hrubé dělení zahrnující páteřní síť vodních toků, jemné dělení zahrnující úplnou síť vodních toků a vodní toky, jež jsou agregací dílčích úseků jemné sítě tvořících jednotlivé vodní toky). Tato data jsou klíčová pro řadu našich dalších činností, jako je např. modelování množství a jakosti vody, použití pro lokalizaci objektů nebo použití v mapových aplikacích.
- **Odběry a vypouštění**. Datová sada zahrnuje data zpracovávaná pro potřeby souhrnné vodní bilance na základě údajů státních podniků Povodí. Obsahuje rozsáhlý souhrn informací o odběrech a vypouštěních (pro povrchové i podzemní vody, s odebíraným nebo vypouštěným množstvím vody převyšujícím

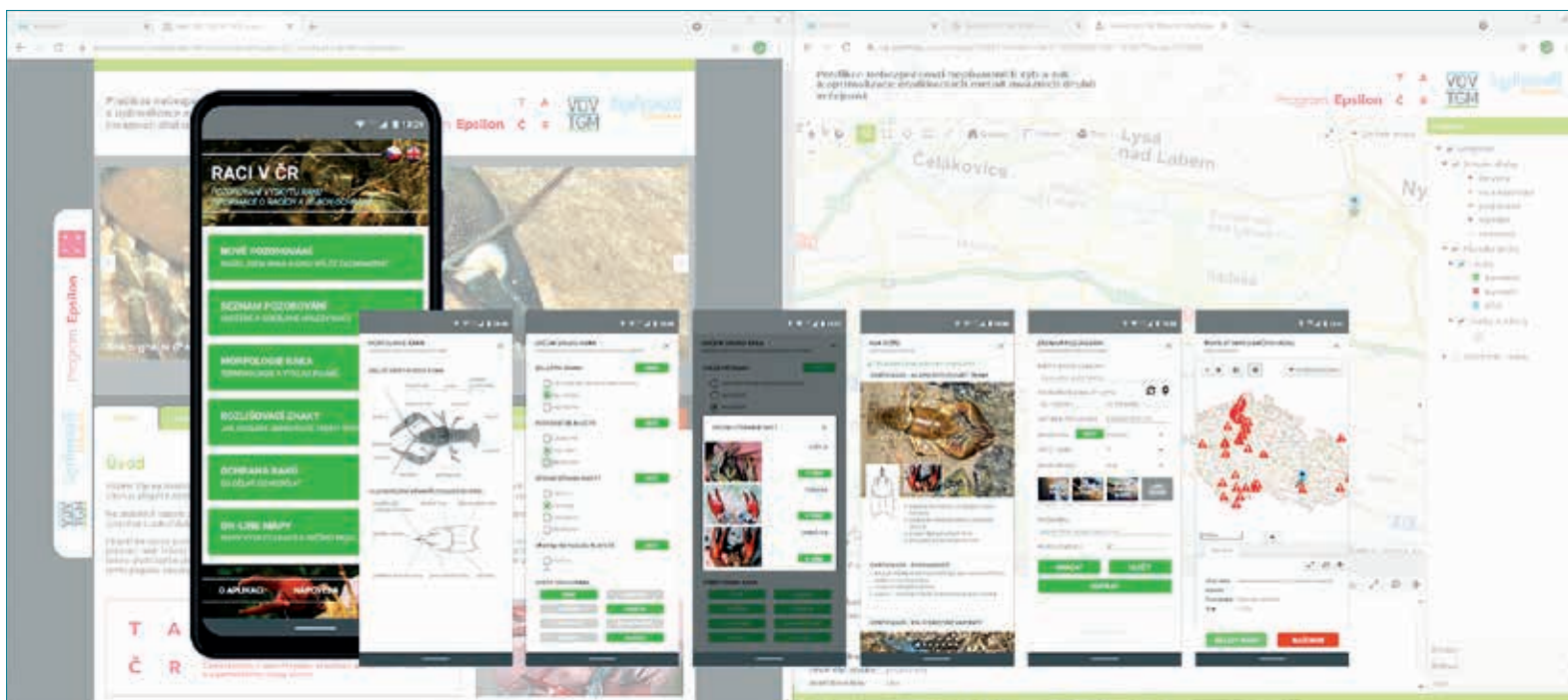


Obr. 5. Dalším příkladem je internetová výpočetní aplikace pro modelování dopadů socio-ekonomických změn ve společnosti na spotřebu vody, realizovaná v rámci řešení projektu „Dopady socio-ekonomických změn ve společnosti na spotřebu vody“.

500 m<sup>3</sup> za měsíc nebo 6 000 m<sup>3</sup> za rok) zahrnující např. popisné údaje o místech odběrů a vypouštění, druhu užívání vody, odebíraném nebo vypouštěném množství a jakosti vypouštěných vod. Publikovaná data zahrnují údaje od roku 2006 a jsou každoročně aktualizována.

Další data, která v systému naleznete, plní zejména roli kontextových (referenčních) dat k datům uvedeným výše. Jejich zdrojem jsou (převážně) jiné organizace (subjekty). Jsou to například (ale nejen):

- **Územní jednotky pro správu povodí**. Zahnutý jsou základní územní jednotky pro správu povodí a plánování v oblasti vod, jako je územní působnost správců povodí, oblasti povodí, dílčí povodí nebo koordinační oblasti v mezinárodních oblastech povodí Labe, Odry a Dunaje. Data zahrnují zobrazení územního vymezení oblastí a připojené základní popisné údaje (název jednotky, případně její plocha). Zdrojem dat je MŽP, MZE, ČHMÚ a VÚV TGM.
- **Hydrologická povodí**. Hydrologická povodí (rozvodnice) 1. až 4. řádu s uvedením čísel hydrologického pořadí, názvů vodních toků, ploch dílčích povodí a některými dalšími údaji. Zdrojem dat je ČHMÚ.



Obr. 6. Pracoviště HEIS VÚV zajišťuje mj. také vývoj a realizaci aplikací pro chytré mobilní telefony. Na obrázku je ukázka mobilní aplikace „Raci v ČR“. Vznikla v rámci řešení projektu „Predikce nebezpečnosti nepůvodních ryb a raků a optimalizace eradikačních metod invazních druhů“ a představuje komplexní řešení, kdy jsou záznamy pozorování raků pořízené uživateli aplikace odesílány do centrální databáze a následně, po jejich ověření specialistou zabývajícím se ochranou raků, publikovány na stránkách projektu.

- **Vodní toky CEVT.** Říční síť ČR podle Centrální evidence vodních toků (CEVT). Obsahuje údaje o identifikátoru a názvu vodního toku, dostupná jsou také data o správcovství vodních toků (názvy správců přiřazené k relevantním částem toků). Zdrojem dat jsou státní podniky Povodí.
- **Vodní nádrže, rybníky, jezera.** Základní údaje o vodních nádržích (identifikátor, název), doplněné u významných vodních nádrží o další technické údaje (účel, kóty a objemy prostorů nádrží, typ a parametry hrází, kategorizace dle TBD atp.). Součástí zobrazení je též vymezení povodí jednotlivých nádrží. Zdrojem dat jsou státní podniky Povodí, VÚV TGM a ČHMÚ.
- **Hydrogeologické rajony.** Zahrnuty jsou hydrogeologické rajony svrchní, základní a hlubinné vrstvy. Údaje obsahují i další relevantní informace, jako např. mocnost souvislého zvodnění, typ propustnosti apod. Zdrojem dat je VÚV TGM, ČGS a ČHMÚ.
- **Horninové složení a přirozené pozadí látek v podzemních vodách.** Dostupné jsou údaje Geologické vektorové mapy o horninovém složení a údaje o hodnotách koncentrací přirozeného pozadí vybraných látek pro příslušné horninové složení. Zdrojem dat je ČGS (geologická mapa) a VÚV TGM, (přirozené pozadí látek).
- **Území chráněná pro akumulaci povrchových vod.** Označují se také zkratkou „LAPV“ (lokality pro akumulaci povrchových vod). K dispozici jsou informace o názvu, kategorii a ploše lokality. Zdrojem dat je MZe, MŽP a VÚV TGM.
- **Odběry vody pro lidskou spotřebu** (Odběry vody pro lidskou spotřebu a jejich ochranná pásma). Vedle údajů o ochranných pásmech vodních zdrojů, odběrech povrchových a podzemních vod a o vodárenských nádržích (data jsou výběrem relevantních údajů z ostatních datových sad uvedených výše, jejichž zdrojem jsou státní podniky Povodí a VÚV TGM) jsou zde zahrnuta také ochranná pásma přírodních a léčivých zdrojů, pro něž jsou – kromě jejich územního vymezení – dostupné základní popisné údaje. Zdrojem dat je MZ.
- **Oblasti s vazbou na vodu vymezené pro ochranu stanovišť nebo druhů.** Data zahrnují údaje o ptačích oblastech, evropsky významných lokalitách (EVL) a maloplošných, zvláště chráněných územích s vazbou na vodu a ramsarských mokřadech. Údaje zahrnují identifikaci oblasti, její název a plochu a pro EVL a ramsarské mokřady též klasifikaci jejich stavu. Zdrojem dat je AOPK ČR a VÚV TGM.
- **Objekty na vodních tocích.** Data zahrnují hráze, jezy a objekty v korytech s uvedením základních identifikačních údajů (identifikátor, název, vodní tok a říční kilometr). Zdrojem dat jsou státní podniky Povodí.
- **Odvodnění zemědělských půd.** Mapa areálů odvodnění. Obsahuje údaj o roku výstavby objektů. Zdrojem dat byla ZVHS, respektive MZe.
- **Objekty sledování stavu vod.** Informace o profilech a objektech určených ke sledování množství povrchových vod, respektive stavu útvarů povrchových a podzemních vod. Data zahrnují identifikační a popisné údaje profilů a údaje o věcném a časovém rozsahu monitoringu v daném profilu nebo objektu. Zdrojem dat je ČHMÚ a státní podniky Povodí.
- **Krajinný pokryv.** Data CORINE Land Cover (CLC) obsahující zařazení krajinného pokryvu s uvedením identifikátoru, kódu, názvu třídy pokryvu a plochy oblasti. Zdrojem dat jsou EEA, MŽP a CENIA.

### Specifická data vznikající v rámci výzkumných projektů

Jak bylo uvedeno výše, specifická data vznikající v rámci výzkumných projektů jsou přístupná prostřednictvím samostatných stránek projektů. Stránky projektů (dostupné z hlavní stránky portálu) mohou mít velmi různorodý obsah – počínaje ryze informativními stránkami o řešení projektu a jeho stručně popsání náplní přes stránky projektů obsahující např. aktuality nebo fotogalerie z průběhu řešení či realizované výstupy ke stažení až po stránky projektů

nabízející celé datové sady nebo samostatné mapové pohledy. V následujícím přehledu uvádíme – nepochybně neúplný – výběr těch stránek projektů, jež jsou zajímavé z hlediska jejich (zejména datového) obsahu:

- **Invační raci a ryby** (Predikce nebezpečnosti nepůvodních ryb a raků a optimalizace eradikačních metod invazních druhů). Stránky projektu zabývající se nebezpečností invazních druhů raků a ochranou našich původních raků. Najdete zde například informace o výskytu invazních druhů raků a račího moru na našem území. Dostupné jsou i informace o nálezech hlášených uživateli mobilní aplikace „Raci v ČR“, kterou také zmiňujeme v textu dále. Stránky jsou průběžně aktualizovány i po dokončení řešení projektu v prosinci 2020.
- **Raci / Crayfish** (Monitoring lokalit soustavy Natura 2000 jako nástroj pro efektivní management a ochranu autochtonních populací raků). Zde naleznete data o monitoringu raků a monitoringu látek ve vodě, v sedimentech a biotě realizovaném v letech 2015 a 2016. Dále jsou tu například informace o evropsky významných lokalitách pro ochranu raka kamenáče, a to včetně rozsáhlé fotodokumentace.
- **Bečva – monitoring** (Sledování jakosti vody v Bečvě). Stránky mj. obsahují průběžně aktualizované výsledky monitoringu vody v Bečvě prováděného od konce ledna 2021.
- **Rekreace** (Rekreační potenciál vody v Praze – stav a výhledy). Stránky rozsáhlého projektu věnujícího se rekreačnímu potenciálu vody v Praze. Stránky jsou členěny podle aktivit řešeného projektu. Na stránce „Aktivity II“ naleznete například výsledky orientačního posouzení (monitoringu) jakosti vody pro koupání zpracovaného za sezony 2018 až 2020.
- **Rámcová směrnice** (Implementace Rámcové směrnice o vodách, aktivity VÚV TGM, pro podporu výkonu státní správy). Jak již název napovídá, stránky obsahují řadu zajímavých, jak podrobných, tak souhrnných údajů vztahujících se k implementaci Rámcové směrnice a plánování v oblasti vod: vymezení vodních útvarů a chráněných oblastí s vazbou na vodu, údaje o jejich stavu, navržených opatřeních atd. Těž jsou zde publikovány relevantní metodické dokumenty. Údaje jsou aktualizovány v návaznosti na šestiletý plánovací cyklus a jsou podkladem k reportingu plánů povodí pro Evropskou komisi. Zdrojem dat jsou zejména instituce a organizace zapojené do plánování: státní podniky Povodí, VÚV TGM, ČHMÚ, AOPK ČR, MŽP, MZe a další.
- **Erozní smyv** (Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu). Najít zde můžete informace o zranitelnosti objektů z hlediska erozního smyvu a údaje o celkovém riziku erozního smyvu a hrozbě erozního smyvu pro celé území ČR. Data byla zpracována v rámci řešení projektu v letech 2012 až 2015, vzhledem k jejich charakteru jsou však údaje stále zajímavé a aktuální.
- **Surová voda** (Jakost surové vody odebírané z povrchových nebo podzemních vod pro účely úpravy na vodu pitnou). Tady naleznete data o jakosti surové vody (tedy vody ve vodním toku před jejím odběrem a úpravou na vodu pitnou) v rozsahu několika desítek sledovaných ukazatelů. Data jsou postupně aktualizována, k dispozici jsou údaje od roku 2002 do roku 2019 (pro poslední roky v omezeném rozsahu ukazatelů z důvodu nedostupnosti ostatních dat).

## JE TO SLOŽITÉ A NEPŘEHLEDNÉ, PŘEDCHOZÍ VERZE BYLA LEPŠÍ... ANEB INOVACE DOBROVOLNÉ A VYNUCENÉ

Je zřejmé, že v průběhu zmíněných 25 let musel informační systém projít postupným vývojem a technickými a technologickými změnami. Pomineme-li změny HW (a systémového SW) vybavení, které navenek nejsou vidět a běžného uživatele se nijak viditelně netýkají, zbudou nám změny realizované v uživatelském rozhraní systému, které mají na práci uživatelů přímý vliv. Postupně

jsme v několika etapách provedli větší či menší úpravy vzhledu, uspořádání a funkčnosti celého portálu. V rámci uspořádání dat systém prošel postupně několika fázemi, z nichž ta konečná (aktuální) preferuje uspořádání dat do jednoho komplexního mapového pohledu (viz výše popisovaná „obecná“ data). Uvedené uspořádání téměř všech stěžejních dat do jediného mapového pohledu sice dělá práci s daty složitější, oproti mnoha účelovým jednoduchým mapovým pohledům má však jednu zásadní a velmi důležitou výhodu, kterou je flexibilita – uživatel si může zkombinovat zobrazení mapových vrstev zcela podle svého uvážení a svých potřeb. To dříve používané účelové mapové pohledy neumožňovaly. Po technologické stránce byla asi nejvýraznější změnou, zejména podle ohlasů uživatelů, vynucená změna technologie zobrazení mapového pohledu realizovaná v polovině roku 2018. Tehdy jsme museli přejít z technologie zobrazení map využívající Java appletů, která byla z nových verzí internetových prohlížečů bez náhrady odstraněna, na novou technologii, jež uvedenou Java technologii nepoužívá.

## ZAPOJENÍ DO GEODATOVÉ INFRASTRUKTURY... ANEB NEHRAJEME SI JEN NA VLASTNÍM PÍSEČKU

Souběžně s tím, jak – zejména od začátku tisíciletí – začalo informačních systémů přibývat a jak se informační systémy zároveň začaly specializovat, přicházela také potřeba tyto systémy a data v nich obsažená propojovat a sdílet. Proto začala být data uložena v našem systému postupně doplňována tzv. metadatami (tedy popisem toho, co data vlastně obsahují a co znamenají, což je klíčová informace pro možnost jejich dalšího použití a interpretace), která mj. vkládáme do jednotného metadatového systému resortu životního prostředí [10], a to už od počátku jeho provozu v roce 2007. Ve stejném roce vstoupila v platnost směrnice o infrastruktuře prostorových dat INSPIRE, a byla tak zahájena klopotná pouť k vybudování sítě prostorových dat, jež by bylo možné jednotnou formou sdílet napříč Evropou. V současnosti tak data spravovaná VÚV TGM a publikovaná prostředky HEIS VÚV a DIBAVOD [11] můžete najít kromě našeho vlastního systému také na Národním geoportálu INSPIRE [12], na mezirezortním Vodohospodářském informačním portálu VODA [13] a na evropském geoportálu INSPIRE Geoportal [14], který představuje rozcestník k datovým službám pro vybraná témata pro všechny státy Evropské unie a některé další spolupracující země. Kromě publikace datových sad, jež spravujeme a zpřístupňujeme pro potřeby informačního systému veřejné správy, provozujeme i služby pro datové sady reportované Evropské unii podle vybraných směrnic.

## NEJEN WEBOVÝ PORTÁL... ANEB ČÍM DALŠÍM SE TAKÉ ZABÝVÁME

Všechny výše uvedené informace se dosud vztahovaly v podstatě výhradně k publikaci dat prostřednictvím našeho internetového portálu, respektive k jejich sdílení s jinými systémy. Zde tedy dále doplníme, že data jsou v rámci poskytovaných služeb nabízena též formou WMS služeb dostupných všem uživatelům (pro věci neznalé, data je možno přímo propojit např. do nástrojů GIS, podrobnější informace, jak to lze provést, jsou uvedeny v údajích o poskytovaných službách v rámci portálu).

Pracoviště spravující HEIS VÚV dále, kromě aktivit spojených s vývojem, provozem a správou internetového portálu i všech ostatních souvisejících částí informačního systému a aktivit spojených se zpracováním a vyhodnocením dat a jejich vizualizací, postupně rozšířilo svoje aktivity i do jiných oblastí. Jde zejména o oblast vývoje, realizace a aplikace nástrojů pro modelování množství a jakosti vod, který probíhá v rámci řešení zejména – avšak nejen – výzkumných úkolů [15].

Další významnou aktivitou je realizace výpočetně zaměřených webových aplikací a modelů. Uvést můžeme například:

- aplikaci pro sestavení a ověření vodní stopy (<https://heis.vuv.cz/projekty/vodnistopa/model>)
- aplikaci pro modelování dopadů socio-ekonomických změn ve společnosti na spotřebu vody (<https://heis.vuv.cz/projekty/td020113/model>)

Aktuální aktivitou je vývoj a realizace aplikací pro chytré mobilní telefony (tedy přesněji pro ty s operačním systémem Android), dnes k životu tolik nezbytné. Realizována byla mobilní aplikace „Raci v ČR“, která je zaměřena na problematiku ochrany našich původních druhů raků [16]. Aplikace zahrnuje jak informativní a popisný obsah, tak zejména funkcionalitu pro pořizování a odesílání záznamů pozorování raků ve volné přírodě. Aplikaci naleznete v obchodě Google Play, kde vyhledejte heslo „Raci v ČR“ [17].

## ZÁVĚREM... ANEB POKUD JSTE SE DOSTALI AŽ SEM, TAK UŽ TO ASI DOČTETE CELÉ

Co říci závěrem? HEIS VÚV je tu s námi již 25 let, tedy celé čtvrtstoletí, což není špatné. Není to vůbec krátká doba. Pro ilustraci, za tuto dobu se udála ve světě informačních technologií řada událostí, na které si už téměř nikdo ani nevzpomene nebo nám připadají velmi vzdálené. Stihly vzniknout, slavit větší či menší úspěch a následně zaniknout například internetový prohlížeč Netscape Navigator, operační systémy chytrých mobilních telefonů Symbian, Windows Mobile a Windows Phone nebo celé vývojářské technologie jako Microsoft Silverlight nebo Java Applet. Z našeho domácího pohledu pak stihlo vzniknout a zase zaniknout například Ministerstvo informatiky.

V předchozím textu jsme shrnuli minulost i současnost informačního systému. Předvídat budoucnost, jak už jsme uvedli v úvodu, se příliš neodvažujeme. Naším cílem je však především zajistit dostupnost systému pro vás, uživatele, a to včetně všech návazných činností, jako je zejména průběžná aktualizace datového obsahu, ale v míře, kterou nám okolnosti a naše pracovní kapacita dovolí, a rovněž další vývoj systému jako takového. Doufáme tedy, že se nám také do budoucna bude dařit zajišťovat provoz a vývoj HEIS VÚV tak, aby vám uživatelům poskytoval své – doufáme, že užitečné – služby i v následujících letech.

## Poděkování

*Zvláštní poděkování patří Ing. Václavu Zemanovi, který stál u počátků HEIS VÚV, a to zejména za velice precizní a systematický přístup, s nímž položil základy systému, na nichž dodnes stavíme. Poděkování za spolupráci patří též všem dalším kolegům, kteří se postupně na správě a vývoji systému v dílčích fázích jeho dosavadní existence podíleli.*

## Literatura

- [1] VUČKA, V., ZEMAN, V. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2001, č. 1, s. 1–4. ISSN 0322-8916.
- [2] MŽP ČR. Organizační řád HEIS ČR. Praha, únor 1996
- [3] VÚV TGM – HEIS ČR – Datové struktury/Logický datový model, svazky č. 1, 2, 3. Praha, květen 1995, aktualizovaná verze září 1999
- [4] VÚV TGM – HEIS ČR – DIS HEIS VÚV. Úvodní projektová dokumentace. Praha, duben 1996
- [5] HEIS ČR – DIS HEIS VÚV. Datová a funkční analýza – Přírůstek č. 1, 2, 3. VÚV TGM. Praha, 1996–1997
- [6] PICEK, J. HEIS VÚV v roce 2006. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2006, č. 3, s. 14–17. ISSN 0322-8916.
- [7] VÚV TGM. Hydroekologický informační systém VÚV TGM (HEIS VÚV) [on-line]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz>
- [8] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 252/2013 Sb., o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy
- [9] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci
- [10] CENIA. Metadatový katalog Národního geoportálu INSPIRE [on-line]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/catalogue-client>
- [11] VÚV TGM. Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD) [on-line]. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz>
- [12] CENIA. Národní geoportál INSPIRE [on-line]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz>
- [13] MŽP a MZe. Vodohospodářský informační portál VODA [on-line]. Dostupné z: <https://voda.gov.cz>
- [14] EUROPEAN COMMISSION. INSPIRE Geoportal [on-line]. Dostupné z: <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu>
- [15] PICEK, J., VYSKOČ, P., ROSENDORF, P., SVOBODOVÁ, J. Nástroje pro hodnocení množství a jakosti vod. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2011, č. 5, s. 15–20. ISSN 0322-8916.
- [16] SVOBODOVÁ, J., PICEK, J. Mobilní aplikace RACI V ČR pomůže chránit naše raky. *Rybářství*. 2020, č. 4, s. 44–47. ISSN 0373-675X.
- [17] VÚV TGM. Raci v ČR [on-line]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=cz.jp.raci>

## Autoři

### Ing. Jiří Píček

✉ [jiri.picek@vuv.cz](mailto:jiri.picek@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-6978-6801

### Ing. Petr Vyskoč

✉ [petr.vyskoc@vuv.cz](mailto:petr.vyskoc@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-5006-5414

### Mgr. Silvie Semerádová

✉ [silvie.semeradova@vuv.cz](mailto:silvie.semeradova@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-6633-9424

### Ing. Jiří Dlabal

✉ [jiri.dlabal@vuv.cz](mailto:jiri.dlabal@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-2401-2917

### Ing. Pavel Richter, Ph.D.

✉ [pavel.richter@vuv.cz](mailto:pavel.richter@vuv.cz)

ORCID: 0000-0001-6338-3481

### Ing. Martina Dubská

✉ [martina.dubska@vuv.cz](mailto:martina.dubska@vuv.cz)

ORCID: 0000-0002-4652-2600





# Hodnocení odpovědného hospodaření s vodou u průmyslových podniků

Nebývalé množství srážek, které se v České republice vyskytly v první polovině letošního roku, dávají alespoň laické veřejnosti zapomenout na problémy se suchem a nedostatkem vody z předchozích let. I přesto zůstává sucho problémem, na který je zapotřebí se připravit.

V odborné literatuře lze najít mnoho různých definic tohoto jevu, jisté však je, že se jedná o jev nahodilý, který se vyskytuje nepravidelně a s dobou trvání od několika týdnů až po několik měsíců v důsledku delšího období podnormálních srážek.



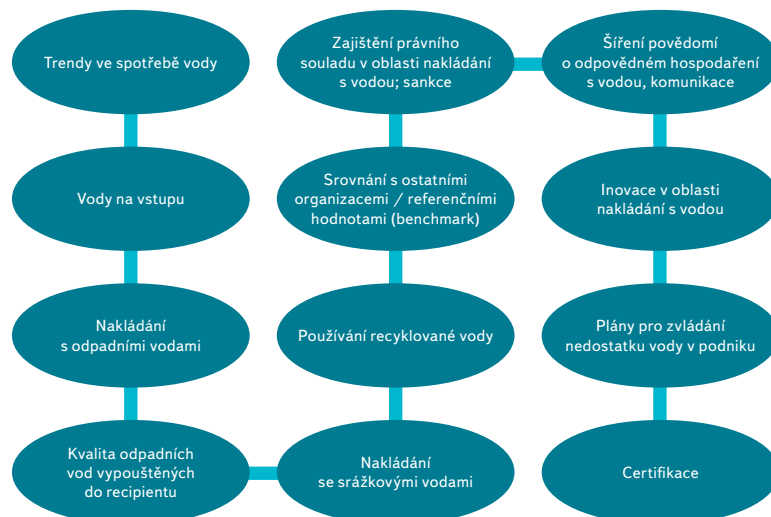
Obr. 1. Logo značky Odpovědného hospodaření s vodou

A právě ona nahodilost výskytu v prostoru a čase činní sucho velmi nebezpečným přírodním jevem. Jeho dopady si během let 2014–2020 vyzkoušela velká část našeho území, a tak se ukázalo, že v oblasti zmírňování negativních následků sucha má stát ještě co dohánět. Nejen na Ministerstvu životního prostředí (MŽP) byly zahájeny aktivity, z nichž si lze připomenout např. tyto:

- V roce 2014 byla založena Meziřesortní komise VODA-SUCHO.
- Vznikla řada strategických materiálů, jmenovat lze např. Strategii přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR (2015) či Koncepti ochrany před následky sucha pro území České republiky (2017).
- Podpořeno bylo více než 15 000 konkrétních projektů na realizaci opatření vedoucích ke zmírnění negativních dopadů sucha v České republice.
- Byly vytvořeny nové dotační tituly, z těch v gesci MŽP lze jmenovat např. program Dešťovka.
- Začátkem února 2021 vstoupila v platnost novela vodního zákona č. 544/2020, v níž je rozpracován systém operativního řízení během suché epizody.

Ze zkušeností během suchých let lze konstatovat, že průmysl je jedním z největších odběratelů povrchových a podzemních vod a společně se zemědělstvím tvoří nejcitlivější oblast na výskyt nedostatku vody. Podniky by si měly tyto skutečnosti uvědomit a cíleně snižovat svou závislost na rizikovém vodním zdroji či omezovat dopady své činnosti na vodní hospodářství. Ve snaze ukázat podnikům oblasti, kterým je vhodné se věnovat, vznikla na MŽP iniciativa Odpovědného hospodaření s vodou (OHV). Jedná se o dobrovolný nástroj – značku OHV (viz obr. 1), jejímž získáním podnik deklaruje udržitelné a šetrné nakládání s vodou. Hodnocení probíhá dle **Metodiky hodnocení organizací odpovědně hospodářících s vodou** (dále jen metodika MŽP) zveřejněné na stránkách [https://www.mzp.cz/cz/odpovedne\\_hospodareni\\_voda](https://www.mzp.cz/cz/odpovedne_hospodareni_voda) a vztahuje se vždy na konkrétní provozovnu. Sledováno je 12 kritérií. Oblasti hodnocení znázorňuje obr. 2.

Pro každou hodnocenou oblast jsou připravena čtyři různá tvrzení, jimž odpovídají čtyři bodové hodnoty v rozsahu 0 až 20 bodů (0, 5, 10, 20 bodů). Vybírá se to tvrzení, které nejlépe odpovídá reálnému stavu hodnocené provozovny. Výběr vhodného tvrzení, a s tím související počet bodů, je zapotřebí doložit. Příklady takových podkladových dokumentů pro každou oblast hodnocení jsou uvedeny v metodice MŽP. Výsledný počet bodů je váženým průměrem



Obr. 2. Přehled hodnocených oblastí



Obr. 3. Mapa ohrožení vodních zdrojů výskytem sucha

hodnocených oblastí, přičemž oblasti hodnocení mají různé váhy přiřazené na základě své důležitosti. Nejvyšší váha (2) je přidělena hodnocení trendu spotřeby vody. Druhé nejvyšší hodnoty (1,8) patří oblastem hodnocení nakládání se srážkovými vodami a používání recyklovaných vod. Pro každý podnik nemusí být relevantních všech 12 oblastí hodnocení. Nerelevantnost oblasti hodnocení je však zapotřebí zdůvodnit. Hodnocení probíhá v připravené tabulce ve formátu MS Excel, dostupné z již výše uvedených webových stránek.

Pro zjednodušení hodnocení byly připraveny různé podkladové materiály. Například pro kritérium „Vody na vstupu“, kde se hodnotí stabilita vodního zdroje, ze kterého podnik svou vodu odebírá, byly připraveny mapy ohrožení vodních zdrojů výskytem sucha pro srážkové, povrchové i podzemní vody (obr. 3). Mapy jsou dostupné ze stránky: <http://www.suchovkrajine.cz/vodni-audit/>. V mapě je nutné najít přibližné místo odběru a pro tento odběr zjistit koeficient ohrožení suchem. Za nestabilní zdroje jsou považovány ty, u nichž je koeficient ohrožení suchem roven hodnotě 9 či ji překročí.

Jako další příklad lze uvést hodnocení kritéria „Nakládání se srážkovými vodami“, pro které je zapotřebí znát celkové množství zachytitelné srážky podle následujícího vzorce:

$$Q = P \cdot f_s \cdot H_s \cdot 10^{-3}$$

kde Q je množství zachytitelné srážky (m<sup>3</sup>/rok),  
 P plocha zpevněných ploch v areálu a střech budov (m<sup>2</sup>),  
 f<sub>s</sub> koeficient odtoku (závisí na druhu povrchu, dle ČSN 75 9010) (-),  
 H<sub>s</sub> průměrný roční úhrn srážek (mm).

Výpočet probíhá v připravené kalkulačce, dostupné na stránce: <http://www.suchovkrajine.cz/vypocet-mnozstvi-zachytitelne-srazky/>

The screenshot shows a web application titled "Výpočet množství zachytitelné srážky". It features several input fields: "plocha zpevněných ploch" (area of paved areas) set to 1000 m², "koeficient odtoku" (runoff coefficient) set to 0.5, and "průměrný roční úhrn srážek" (average annual precipitation) set to 190 mm. Below these is a table with columns for "plocha zpevněných ploch", "koeficient odtoku", "průměrný roční úhrn srážek", and "množství zachytitelné srážky". The table shows values of 1000, 0.5, 190, and 95.00 respectively. At the bottom, the total result is displayed as "celkové množství zachytitelné srážky: 19.02 m³/rok".

Obr. 4. Ukázka výpočtu v kalkulačce

Výpočet celkového množství zachytitelné srážky lze exportovat z kalkulačky do dokumentu formátu PDF. Dokument tvoří povinnou přílohu Žádosti o poskytnutí práva k užívání ochranné známky Odpovědného hospodaření s vodou (dále jen žádosti), konkrétně slouží k prokázání bodové hodnoty 20 bodů v kritériu 5 „Nakládání se srážkovými vodami“.

Celý program je řízen dle **Pravidel programu Odpovědného hospodaření s vodou** (dále jen pravidla programu). V případě, že se podnik rozhodne získat pro svou provozovnu ochrannou známku OHV, nechá si zpracovatelem OHV vypracovat hodnocení své provozovny. Zpracovatel OHV musí splňovat následující podmínky:

- Vysokoškolské vzdělání technického směru (např. chemického, přírodovědného, systémového inženýrství), doložené kopíí diplomu.
- Alespoň pět let praxe v oboru projektování, provozování, vývoji nebo testování vodohospodářských zařízení (úpravy vody, čistírny odpadních vod) nebo technologického dozoru nad nimi, doložené životopisem.
- Nezávislost na ověřované organizaci po dobu minimálně dvou let před zpracováním Tabulky OHV, doložené čestným prohlášením zpracovatele OHV.

Podmínky jsou shodné jako pro zpracovatele vodních auditů dle metodiky Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO). Součástí hodnocení je i místní šetření, kdy zpracovatel OHV na místě ověří uvedené informace.

Postup zpracování hodnocení se řídí metodikou MŽP. Výstupem hodnocení je vyplněná tabulka ve formátu MS Excel a dokumenty prokazující správnost výběru konkrétní bodové hodnoty u jednotlivých oblastí hodnocení. V případě, že se výsledná bodová hodnota rovná 12 bodům nebo je vyšší, splňuje provoz podmínky pro udělení značky a žadatel může společně s vyplněnou žádostí zaslat potřebné dokumenty poštou na adresu odboru ochrany vod MŽP či elektronicky přes datovou schránku.

Pokud žádost po posouzení garantem programu splňuje stanovené podmínky, je žadatel vyzván k podpisu Smlouvy o poskytnutí práva k užívání ochranné známky „Odpovědné hospodaření s vodou“ (dále jen licenční

smlouva). Značka, resp. její logo, je provozovněm zapůjčena na dobu pěti let. Její použití se řídí podmínkami uvedenými v grafickém manuálu i pravidlech programu.

Oprávněnými žadateli jsou v tuto chvíli pouze malé a střední podniky (MSP), které získají finanční podporu od MPO v rámci „Výzvy II programu podpory Poradenství – Poradenské služby pro MSP“. V dalších kolech je plánováno postupné rozšiřování okruhu možných žadatelů. Provozovny, jež získají značku OHV, jsou zveřejňovány na webových stránkách MŽP.

V rámci hodnocení jsou podniky seznámeny se systémem operativního řízení během sucha a stavu nedostatku vody a mohou též deklarovat, že jsou ochotny sdílet data o spotřebě vody během suché epizody. Způsob a efektivitu hospodaření s vodou v rámci podniku (např. právě využívání srážkových vod, recyklaci vody, dostatečný retenční objem pro vyrovnávání špičkových potřeb vody) mohou zohledňovat komise pro sucho při vydávání omezujících opatření podle § 87k vodního zákona.

Bližší informace ke způsobu řízení během sucha jsou připraveny v Metodice k přípravě plánů pro zvládnutí sucha a stavu nedostatku vody (dostupné ze stránky: [https://www.mzp.cz/cz/zvladani\\_sucha\\_metodika](https://www.mzp.cz/cz/zvladani_sucha_metodika)), která bude po dopracování zveřejněna na webových stránkách MŽP.

Dle předpovědi vývoje klimatické změny tlak na vodní zdroje v následujících letech stále poroste a připravenost průmyslových podniků na stav nedostatku vody se jeví jako klíčový faktor pro zvládnutí suchých epizod a zmírnění jejich negativních dopadů. A právě tomu by měly přispět zmíněné společné aktivity MŽP a MPO, jejichž výsledkem je kromě osvěty i realizace vhodných, např. úsporných technologií v ohrožených podnicích.

## Autoři

**Ing. Tereza Davidová, Ph.D.**

✉ [terez.a.davidova@mzp.cz](mailto:terez.a.davidova@mzp.cz)

**Mgr. Lukáš Záruba**

✉ [lukas.zaruba@mzp.cz](mailto:lukas.zaruba@mzp.cz)

# VTEI/2021/4

*Od roku 1959*

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

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

## Ročník 63



VTEI.cz

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

### Redakční rada:

RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Ing. Michaela Danáčková, Ph.D., doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur,  
doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D., Mgr. Róbert Chriateľ, Mgr. Vít Kodeš, Ph.D.,  
Ing. Jiří Kučera, Ing. Martin Pavel, Ing. Jana Poárová, Ph.D., Mgr. Hana Sezimová, Ph.D.,  
Dr. Ing. Antonín Tůma, Mgr. Lukáš Záruba, Ing. Marcela Zrubková, Ph.D.

### Vědecká rada:

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

### Šéfredaktor:

Ing. Josef Nistler (josef.nistler@vuv.cz)

### Odborná redaktorka:

Mgr. Zuzana Řehořová (zuzana.rehorova@vuv.cz)

### Web:

RNDr. Tomáš Hrdinka, Ph.D. (tomas.hrdinka@vuv.cz)

### Zdroje fotografií tohoto čísla:

VÚV, Shutterstock.com

### Grafická úprava, sazba, tisk:

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

Náklad 1500 ks

Příští číslo časopisu vyjde v říjnu.

Pokyny autorům časopisu jsou uvedeny na [www.vtei.cz](http://www.vtei.cz).

**ISSN 0322-8916**

**ISSN 1805-6555 (on-line)**

**MK ČR E 6365**



## KAMENICE U DOLSKÉHO MLÝNA

Říčka Kamenice při své pouti z Lužických hor k Labi protéká národním parkem České Švýcarsko dlouhým, úzkým a hlubokým kaňonem. Na snímku je část kaňonu zvaná Ferdinandova soutěska. Toto místo navštívil v devatenáctém století arcivévoda František Ferdinand d'Este, rakouský, uherský a český korunní princ. Po něm je soutěska také pojmenována. Jen malý kousek odtud leží na Kamenici Dolský mlýn, známý ze slavné české pohádky Pyšná princezna, která se tu v padesátých letech minulého století natáčela.  
*Text a fotografii dodal Václav Sojka, [www.vaclavsojka.cz](http://www.vaclavsojka.cz).*

VÝZKUMNÝ ÚSTAV  
VODOHOSPODÁŘSKÝ  
T.G. MASARYKA

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz