



VODOHOSPODÁŘSKÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ INFORMACE

VTEI/2024/6

4 / Databáze HYMOD-KZ a deficitní oblasti

20 / Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě

48 / Rozhovor s Ing. Vladimírem Novákem, generálním ředitelem sekce vod Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky

Psali jsme před 60 lety

RNDr. Václav Zajíček, CSc., z Výzkumného ústavu vodohospodářského v Praze na Podbabě publikoval ve VTEI informace o aktivu na téma „Umělá infiltrace ve vodárenství“, který se v ústavu konal dne 13. prosince 1963. Cílem setkání bylo seznámit široký okruh vodohospodářů s technickými a ekonomickými přednostmi tohoto způsobu rozšiřování zásob podzemních vod a jejich jímání, ale zároveň i s mezemi jeho použitelnosti.

Příspěvky tehdy lektoroval Ing. Dr. J. Kůrka.

Výtah z přednášek:

1.

V. Zajíček: Charakteristika přírodních podmínek pro návrh umělé infiltrace
Geologické a hydrogeologické poměry potřebné pro umístění
infiltračního pole s příklady z postavených objektů v ČSSR
a v zahraničí. Možnosti zřizování systémů umělých infiltrací
v kvartérních sedimentech a v souvrstvích starších hornin.
2.

V. Hálek: Metodika teoretického a experimentálního řešení umělé infiltrace
Principy analogových metod vhodných pro řešení umělých
infiltrací s příklady řešení pohybu vody v infiltračním poli. Řešení
nestacionárních procesů na digitálních počítačích. Příklady z objektů
umělé infiltrace u Tlumačova v úvalu řeky Moravy i z Polabí.
3.

V. Zajíček: Bilance zásob podzemních vod v infiltračním území
Význam hodnocení akumulační schopnosti sedimentárního
souvrství infiltračního pole a pracovní postup při stanovení

účinné pórovitosti zemin. Praktický výpočet zásob podzemních
vod v infiltračním poli při přerušovaném provozu infiltrace.

4.

M. Kněžek: Zkušenosti z provozu umělé infiltrace s otevřenými vsakovacími příkopy
Změny režimu proudění podzemní vody v infiltračním poli po vybudování
umělé infiltrace a závislost šířky vsakovacích nádrží na okrajových podmínkách
i vliv tvořící se filtračně méně propustné vrstvy na dně nádrže na proudění.
Nevhodnost používání tzv. speciického vsaku (na 1 m²) bez přihlédnutí
k půdorysnému tvaru vsakovacího příkopu. Poznatky z vodárny v Káraném
(při ústí Jizery) a z modelových zkoušek. Změny fyzikálních a chemických
charakteristik vody v infiltračním poli z objektu umělé infiltrace v Káraném.

Diskuse se zaměřila hlavně na technické, hygienické a ekonomické otázky umělých infiltrací.

Z archivu VÚV TGM

Redakce VTEI



Generováno umělou inteligencí (Midjourney)

Obsah



3 Úvod

4 Databáze HYMOD-KZ a deficitní oblasti

Adam Vizina, Irina Georgievová, Petr Vyskoč, Eva Melišová,
Martin Hanel, Miroslav Trnka, Petr Pavlík, Milan Fischer



12 Problematika antimikrobiální rezistence ve vodním prostředí ČR

Hana Zvěřinová Mlejnková, Kateřina Sovová,
Štěpánka Šabacká, Adam Šmída

20 Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě

Lucie Jašíková, Hana Prchalová, Zbyněk Hrkal, Petr Vyskoč,
Hana Nováková, Silvie Semerádová, Jiří Dlabal, Tomáš Fojtík,
Aleš Zbořil, Václava Maťašovská, Jiří Pícek



26 Scénáře budoucí potřeby vody do roku 2050: sektorové analýzy a prognózy

Jiří Dlabal, Petr Vyskoč, Jan Bindzar, Vera Potopová,
Pavla Schwarzová, Miroslav Trnka, Tomáš Dostál, Martin Dočkal,
Daniela Semerádová, Juliana Arbelaez Gaviria, Petr Štěpánek,
Alena Jačková, Marie Musiolková, Arnošt Kult

48 Rozhovor s Ing. Vladimírem Novákem, generálním ředitelem sekce vod Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky

Josef Nistler



52 Predsedníctvo Slovenskej republiky v Medzinárodnej komisii pre ochranu Dunaja

Vladimír Novák

54 XXVII. konference Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství

Barbora Sedlářová

PF 2025



Vážení čtenáři,

na úvod prosincového čísla VTEI nám dovoluje informovat vás o úspěšném ukončení evaluačního řízení, jež vyvrcholilo přijetím našeho časopisu do DOAJ – databáze open access časopisů. Časopis VTEI úspěšně prošel i přijímacím procesem pro jeho zařazení do databáze Scopus společnosti Elsevier, která je největší vědeckou a abstraktovou citační databází recenzované literatury na světě. V neposlední řadě stojí za zmínku i příprava podkladů pro podání přihlášky do databáze Web of Science. Tou bychom chtěli završit mnoholeté úsilí o zařazení VTEI mezi významná odborná periodika posuzovaná bibliometrickými a scientometrickými nástroji, tvořícími jeden z klíčových podkladů pro hodnocení vědeckých výsledků v ČR.

A nyní k obsahu prosincového čísla. První odborný příspěvek „Databáze HYMOD-KZ a deficitní oblasti“ kolektivu autorů pod vedením Adama Viziny představuje výsledky hydrologického modelování a analýzy hydrologické bilance povodí pro současné i výhledové klimatické podmínky a předkládá čtenáři aktuální informace o možných dopadech klimatické změny na hydrologické bilanční charakteristiky. Prostřednictvím databáze HYMOD-KZ dostávají odborníci i široká veřejnost nástroj, který poskytuje výstupy v prostorovém rozlišení vodních útvarů, přičemž grafické zobrazení výsledků usnadňuje pochopení komplexních hydrologických jevů a podporuje rozhodování v oblasti vodohospodářského plánování.

Odborný článek „Problematika antimikrobiální rezistence ve vodním prostředí ČR“ Hany Zvěřinové Mlejnkové, Kateřiny Sovové, Adama Šmídy a Štěpánky Šabacké je zaměřen na téma antimikrobiální rezistence, tedy schopnosti bakterií odolávat účinku antibiotik, která je důsledkem jejich dlouhodobého nesprávného užívání v humánní i veterinární praxi. Prezentovaná studie prokázala nejen antibiotickou rezistenci na vybraná antibiotika, ale současně poukázala na zásadní problém výskytu antibiotik a jejich metabolitů v životním prostředí, který celou situaci nadále zhoršuje. Tato problematika byla v ČR dosud opomíjena a je třeba jí věnovat zvýšenou pozornost.

V pořadí třetí odborný příspěvek „Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě“ Lucie Jašíkové a kolektivu autorů vás seznámí s problematikou zpracovávání rizikových analýz pro části povodí určené pro odběry vody, jejímž cílem je

zabezpečení komplexní ochrany vodních zdrojů v přirozeném prostředí, tedy předtím, než bude voda odebrána. Povinnost vypracování rizikových analýz částí povodí vyplývá z nové evropské směrnice o jakosti vody určené k lidské potřebě.

Poslední odborný článek Jiřího Dlabala a spolupracovníků prezentuje výsledky dílčího cíle podprojektu „Scénáře budoucích potřeb vody pro různé klimatické scénáře a jednotlivé sektory užívání vody“, který je součástí projektu TA ČR č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR a podmínkách změny klimatu (Centrum Voda)“. Autoři se v něm zabývají projekcí budoucí potřeby vody do roku 2050 prostřednictvím sektorových analýz a prognóz. Řešení využívá různé scénáře, které zohledňují faktory, jako jsou populační růst, ekonomický rozvoj, změna klimatu, technologický pokrok a politická rozhodnutí, a je zaměřeno na predikci potřeby vody pro tyto sektory: zemědělství, průmysl, energetika a provoz domácností. Součástí prezentovaného výstupu je i zhodnocení potenciálních dopadů jednotlivých scénářů na dostupnost vodních zdrojů. Výsledky ukazují, že v některých regionech může – v závislosti na posuzovaném scénáři – dojít k výraznému zvýšení potřeby vody, což by mohlo vést k nedostatku vody, a tudíž vyžadovat zavádění nových strategií pro efektivní hospodaření s vodou.

Tradiční rozhovor, který je součástí každého čísla VTEI, je tentokrát veden se současným generálním ředitelem sekce vod Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky Ing. Vladimírem Novákem, jenž je pro letošní rok i prezidentem Mezinárodní komise pro ochranu Dunaje. Podrobnosti o letošním předsednictví Slovenské republiky této komisi jsou pak součástí samostatného článku, jehož je autorem.

Prosincové číslo uzavírá informativní článek Barbory Sedlářové o XXVII. konferenci „Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství“, jež se letos uskutečnila v Českých Budějovicích.

Na závěr nám, vážení čtenáři, dovoluje, abychom vám popřáli krásné a klidné prožití vánočních svátků v kruhu rodinném a do nového roku pevně zdraví i mnoho pracovních a osobních úspěchů.

Redakce VTEI

Databáze HYMOD-KZ a deficitní oblasti

ADAM VIZINA, IRINA GEORGIEVOVÁ, PETR VYSKOČ, EVA MELIŠOVÁ, MARTIN HANEL, MIROSLAV TRNKA, PETR PAVLÍK, MILAN FISCHER

Klíčová slova: vodní zdroje — nedostatek vody — vodní bilance — klimatická změna — deficitní oblasti

ABSTRAKT

Příspěvek popisuje databázi HYMOD-KZ, která je dostupná na adrese <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/>. Databáze poskytuje detailní výsledky hydrologického modelování a analýzy hydrologické bilance povodí (vodních útvarů) pro současné a výhledové klimatické podmínky, přičemž zahrnuje také aktualizované deficitní oblasti, jejichž popis je součástí tohoto příspěvku. Tento nástroj se může stát podkladem pro odborníky ve vodním hospodářství, pro akademickou sféru, ale i širokou odbornou společnost, jelikož poskytuje výstupy v prostorovém rozlišení vodních útvarů. Grafické zobrazení výsledků usnadňuje pochopení komplexních hydrologických jevů a podporuje rozhodování v oblasti vodohospodářského plánování.

ÚVOD

Klimatická změna představuje jednu z nejvýznamnějších environmentálních výzev, která zásadně ovlivňuje dostupnost a kvalitu vodních zdrojů [1, 2]. V České republice (ČR) se klimatická změna projevuje zejména prostřednictvím nárůstu teplot vzduchu, změn v rozložení srážek, zvýšené frekvence a intenzity sucha a naopak krátkodobých extrémních srážkových událostí, jež mohou vést k povodním [3, 4]. Tyto změny narušují hydrologickou rovnováhu krajiny, ovlivňují vodní bilanci a přispívají ke snížené dostupnosti zásob podzemních i povrchových vod, které jsou klíčovými pro zásobování obyvatelstva, zemědělství [5] i průmyslu.

V některých oblastech ČR, jež jsou již nyní klasifikovány jako deficitní z hlediska vodního režimu, se dopady klimatické změny ještě prohlubují. Nedostatek vody se projevuje jak v období sucha, kdy dochází k poklesu hladin řek a snížení dostupnosti vody pro různé účely, tak i v zimních měsících, kdy snížené zásoby vody ve sněhové pokrývce přispívají k nízkým průtokům v jarním období. Tyto problémy jsou umocněny rostoucí teplotou vzduchu, která zvyšuje výpar, a tím dále snižuje dostupnost vody v krajině.

Databáze HYMOD-KZ je nástrojem, jenž přináší výsledky hydrologického modelování a analýzy vodní bilance pro současné a budoucí klimatické podmínky v ČR. Tento nástroj využívá pokročilé metody hydrologického modelování, které zahrnují jak prostorovou interpolaci meteorologických dat, tak simulace změn vodního režimu na základě různých klimatických scénářů. Databáze poskytuje prostorově explicitní informace o vodní bilanci, což umožňuje detailní hodnocení dopadů klimatické změny na jednotlivá povodí a vodní útvary.

V rámci databáze HYMOD-KZ jsou také identifikovány tzv. deficitní oblasti, kde je klimatologická vodní bilance výrazně záporná, což indikuje rizika pro udržitelné hospodaření s vodními zdroji. Tyto informace jsou klíčovými pro plánování vodohospodářských opatření, jako je budování nových retenčních nádrží, optimalizace využití vodních zdrojů či implementace adaptačních

strategií zaměřených na zlepšení akumulační schopnosti krajiny. Databáze je proto nástrojem (podkladem) pro odborníky ve vodním hospodářství, kteří mohou data využít k podpoře rozhodování a k tvorbě dlouhodobých strategií na zmírnění dopadů klimatické změny.

METODIKA A DATA

Současné klimatické podmínky

Pro samotné hodnocení současných podmínek byla využita klimatická data za období 1961–2020, a to časové řady teplot vzduchu a srážkových úhrnů. Jelikož dlouhé časové řady obsahují chyby měření, nehomogenity způsobené přesunem stanice, změnou přístrojů či pozorovatele, případně výpadky měření, je nutné datové řady od těchto vlivů očistit. Za tímto účelem prošla data kontrolou kvality dat v rámci databáze CLIDATA na ČHMÚ. Všechna data byla otestována na nehomogenity v řadách a ty byly pomocí vlastní metody DAP korigovány. Chybějící data v celém úseku 1961–2020 byla dopočítána na základě interpolačních metod. Takto zpracovaná staniční data byla následně interpolována do gridové sítě s prostorovým rozlišením 500 m. Pro každý den byla určena závislost na terénních parametrech (nadmořská výška, sklon, drsnost) a dále na zeměpisné šířce a délce. Podkladem pro prostorovou interpolaci je mapa terénu s rozlišením 500 × 500 m. Výsledkem prostorové interpolace jsou vrstvy (GeoTIFF) meteorologických veličin v denním časovém kroku, které byly použity k odvození časových řad pro zájmové území (k těžišti jednotlivých útvarů povrchových vod). Pro samotné hodnocení bylo použito období 1991–2020, jež odpovídá aktuálnímu referenčnímu období.

Scénáře změny klimatu ve vodním hospodářství

Klimatické modely jsou matematické reprezentace fyzikálních procesů, které se odehrávají v atmosféře, oceánech, ledových příkrovech a na pevnině. Slouží k simulaci minulého, současného a budoucího klimatu na Zemi. Globální klimatické modely (GCM) pracují s hrubým prostorovým rozlišením, což znamená, že menší geografické oblasti, jako je ČR, nejsou v těchto modelech přesně prezentovány. Proto se také na regionální úrovni využívají regionální klimatické modely (RCM), jež prostorově zpřesňují výstupy GCM. Využití GCM i RCM má své výhody i nevýhody [6].

Nejnovější CMIP6 GCM simulace [7, 8] zahrnují modely s různým prostorovým rozlišením, většinou okolo 100 nebo 250 km. Některé modely s rozlišením 50 km však končí simulace v polovině 21. století. Modely se liší komplexností popisu klimatického systému a parametrizací menších měřítek, což vede k rozdílům mezi simulovaným klimatem a realitou. Pro střední Evropu byly vybrány

GCM, které nejlépe simulují její klima, a bylo zajištěno, aby tento výběr reprezentoval celou původní množinu modelů. Bylo vybráno šest modelů s rozlišením do 100 km, které pokrývají všechny emisní scénáře a zohledňují základní meteorologické prvky.

Scénáře klimatické změny (SSP [9]) odrážejí různé možné budoucí trajektorie světa z pohledu emisí i socioekonomického vývoje:

- SSP1–2.6: udržitelný vývoj
- SSP2–4.5: střední cesta se zhoršováním environmentálních systémů
- SSP3–7.0: regionální rivalita a omezený ekonomický rozvoj
- SSP5–8.5: vývoj založený na fosilních palivech

Výběr modelů GCM byl proveden podle metodiky [10] a zajišťuje věrohodné simulace klimatu střední Evropy. Dále byl zahrnut regionální model ALADIN-CLIMATE/CZ, jenž se vyznačuje vysokým prostorovým rozlišením. Výpočetní oblast modelu ALADIN-CLIMATE/CZ zahrnuje téměř celou Evropu s ČR v jejím středu, což je důležité pro vlastní modelování budoucího klimatu, nicméně pro další zpracování výsledků již není potřeba, proto byla zredukována [11]. Výsledný soubor použitých simulací je uveden v tab. 1.

Tab. 1. Vybrané modely GCM ze simulací CMIP6 a ALADIN-CLIMATE/CZ, jejich prostorové rozlišení a dostupné scénáře socioekonomického vývoje

Tab. 1. Selected GCM models from CMIP6 and ALADIN-CLIMATE/CZ simulations, their spatial resolution, and available SSP scenarios

Model GCM	Dostupné scénáře klimatické změny	Prostorové rozlišení modelu [km]
CMCC-ESM2	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	100 × 90
EC-EARTH3	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	80
GFDL-ESM4	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	100
MPI-ESM1–2-HR	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	50
MRI-ESM2–0	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	60
TAIESM1	SSP126, SSP245, SSP370, SSP585	100
ALADIN-CLIMATE/CZ	SSP245, SSP585	2,3

Pro tvorbu scénářů změny klimatu v kontextu odhadu změn hydrologické bilance se v ČR standardně využívá tzv. přírůstková metoda, zejména pro studie v měsíčním kroku. Tato metoda spočívá v transformaci pozorovaných dat tak, aby změny transformovaných veličin odpovídaly změnám odvozeným ze simulací klimatických modelů. V měsíčním kroku se běžně uvažují změny průměrných měsíčních úhrnů srážek a průměrné měsíční teploty. V denním kroku je nutné uvažovat i změny variability veličin. Pro tvorbu scénářů změny klimatu byla proto využita pokročilá přírůstková metoda *Advanced Delta Change* (ADC). Podstatou přírůstkové metody je transformace pozorovaných dat způsobem, jenž zaručí, že změny mezi transformovanou a původní řadou jsou stejné jako změny odvozené z regionálního klimatického modelu. U srážek a teploty (zejména v denním kroku) je žádoucí, aby uvažované transformace zohledňovaly změny jak v průměru, tak ve variabilitě. To zjednodušeně znamená, že extrémy se mohou měnit jinak než průměr. Při odvození změn srážek z klimatického modelu ADC metoda uvažuje i systematické chyby simulace. Jelikož teplota je transformována lineárně, nemá systematická chyba na výslednou transformaci teploty vliv [12]. Zvolenou metodou byly transformovány vybrané [13, 14] Globální cirkulační modely (GCM) a Regionální cirkulační model ALADIN-CLIMATE/CZ pro jednotlivé vodní útvary.

Modelování hydrologické bilance

K modelování hydrologické bilance byl použit konceptuální model BILAN, který je vyvíjen více než 20 let v oddělení hydrologie VÚV TGM. Model počítá v denním či měsíčním časovém 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. Výpočtem se modeluje potenciální evapotranspirace, územní výpar, infiltrace do zóny aerace, průsak touto zónou, zásoba vody ve sněhu, zásoba vody v půdě a zásoba podzemní vody. Odtok je modelován jako součet tří složek: dvě složky přímého odtoku (zahrnující i podpovrchový odtok) a základní odtok [15–18]. Pro modelování hydrologické bilance byla použita denní verze modelu, která je řízena šesti parametry. Model využívá lineárních a nelineárních nádrží, pomocí nichž se srážky transformují na odtok. Hlavní vstupy modelu tvoří srážky a teplota vzduchu (pro kalibraci také měřený odtok), výstupem je modelovaný odtok z povodí a ostatní složky hydrologické bilance.

Pro samotné simulace byl využit kalibrovaný hydrologický model BILAN v rámci systému HAMR [19].

Hydrologické modelování změn klimatu

Postup modelování dopadu změny klimatu na hydrologický režim lze stručně shrnout následovně:

1. Zvolený hydrologický model je pro vybrané povodí kalibrován pomocí pozorovaných dat. Hydrologický model by měl být fyzikálně založen, aby bylo zaručeno, že i pro nepozorované podmínky bude poskytovat fyzikálně přijatelné výsledky.
2. Vstupní veličiny z globálního, popřípadě vnořeného regionálního klimatického modelu jsou převedeny na časové řady scénářů pro jednotlivá povodí, a to v tomto případě následným zpracováním výstupu klimatického modelu, tj. využitím přírůstkové metody či korekce systematických chyb. Často je nutné pomocí prostorové interpolace vztáhnout data z výpočetních buněk klimatického modelu k těžišti daného povodí. Pro korektní využití metod je nezbytné mít k dispozici pozorovaná data.
3. Pomocí kalibrovaného hydrologického modelu a časových řad scénářů je provedena simulace hydrologické bilance pro odpovídající období. Podrobněji jsou postupy popsány v publikacích [15–19].

Deficitní oblasti

V rámci databáze jsou zobrazeny deficitní oblasti vodního režimu krajiny z pohledu klimatologického, bez vodo hospodářského aspektu. Na základě analýz vstupních veličin byla zvolena jednoduchá interpretace deficitních oblastí na základě tzv. klimatologické vodní bilance, která je dána vztahem:

$$B = P - PET,$$

kde:

- B je klimatologická vodní bilance
- P srážkový úhrn
- PET potenciální evapotranspirace

Bilance byla vypočtena pro současné a výhledové podmínky na základě výše zmíněných simulací, agregována a rozdělena do kategorií:

1. Bezproblémová oblast: $B > 0$ mm
2. Riziková oblast: $0 \text{ mm} > B > -100$ mm
3. Ohrožená oblast: $-100 \text{ mm} > B > -200$ mm
4. Kritická oblast: $B < -200$ mm.

Databáze HYMOD-KZ: Specializovaná veřejná databáze

Na základě výstupů (zabývajících se modelováním dopadů klimatické změny na vodní režim) projektů TA ČR („Centrum Voda“ a „PERUN“) byla vytvořena databáze HYMOD-KZ, která je dostupná na <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/>. Databáze je provozována na technice VÚV TGM v Praze. Cílem databáze je poskytnout uživatelům ucelené informace o dostupnosti vody (přírozeného vodního režimu) pro současné a výhledové podmínky s důrazem na jednotlivé simulace klimatických modelů.

Technická specifikace

Databáze HYMOD-KZ byla vytvořena v programovacím jazyce R, konkrétně v jeho verzi 4.3.1. Interaktivní webové rozhraní aplikace je zajištěno prostřednictvím open source nadstavby ve formě balíčků Shiny (verze 1.7.5.1) a flexdashboard (verze 0.6.2), kde Shiny zajišťuje funkcionalitu uživatelského rozhraní (tj. obsahuje veškeré funkce a výpočty i instrukce potřebné pro jeho rozvržení a vzhled), zatímco flexdashboard umožňuje provázání veškerých Shiny komponent formou jednoho RMarkdown dokumentu. Dále aplikace užívá nástrojů ve formě balíčků, jako jsou tidyrr (verze 1.3.0) a dplyr (verze 1.1.2), sloužících pro úpravu a transformaci dat, sf (verze 1.0-13) umožňující práci s OpenGIS standardem geografických dat, Simple Features a Leaflet (verze 2.2.0) umožňující zobrazení prostorových dat formou interaktivních map.

Úvodní strana

Rozcestník pro databázi je přes úvodní stranu (obr. 1), na které je zobrazeno:

1. Logo a název projektu a logo databáze.
2. Sekce s veřejnou databází: Obsahuje odkazy na sekce, jako jsou „Hydrologická bilance“ a „Deficitní oblasti“, které uživatelům poskytují přístup k relevantním informacím a datům.
3. Kontaktní informace: Na pravé straně jsou uvedeny kontaktní informace na řešitele včetně jejich institucí a umístění.
4. Anotace projektu.
- 

Veřejná databáze:

Hydrologická bilance

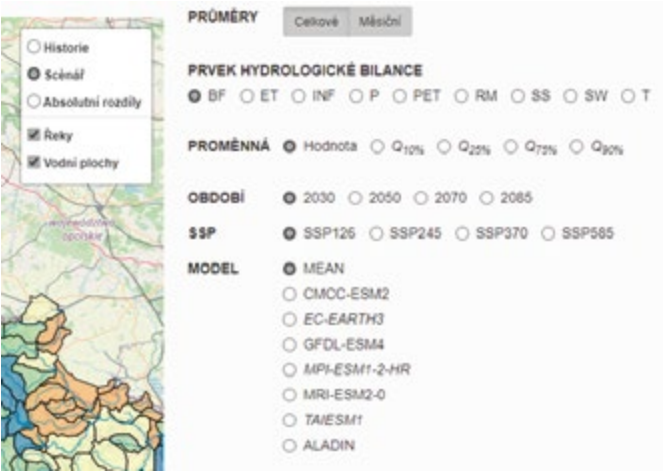
Deficitní oblasti

Obr. 1. Rozdělovník úvodní strany databáze HYMOD-KZ
Fig. 1. Main menu of the HYMOD-KZ database home page

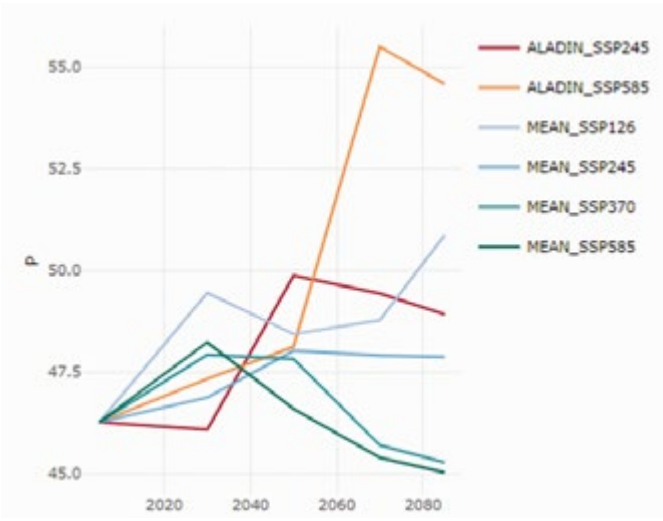
Hydrologická bilance

Komponenta „Hydrologická bilance“ zobrazuje souhrn základních hydro-klimatologických veličin pro jednotlivé vodní útvary. Na obr. 2 je znázorněno uživatelské rozhraní s různými možnostmi výběru. Uživatel si může vybrat různé proměnné:

- BF – základní odtok [mm],
- ET – aktuální evapotranspirace [mm],
- INF – infiltrace [mm],
- P – srážkový úhrn [mm],
- PET – potenciální evapotranspirace [mm],
- RM – modelovaný odtok [mm],
- SS – zásoba vody ve sněhu [mm],
- SW – zásoba vody v půdě [mm],
- T – teplota vzduchu [°C].



Obr. 2. Rozdělovník databáze HYMOD-KZ: možnosti výběru veličin a časového výhledu v komponentě „Hydrologická bilance“
Fig. 2. HYMOD-KZ database main menu: options for selecting variables and time period in the “Hydrological balance” component



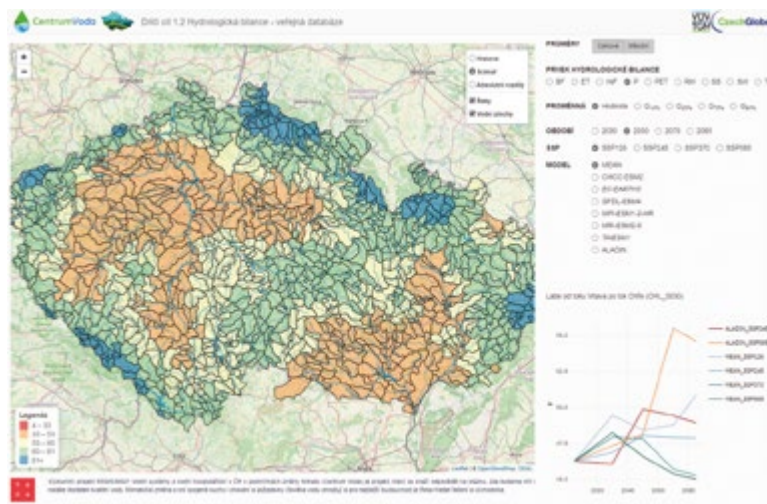
Obr. 3. Vývoj zvolené veličiny ve vodním útvaru dle jednotlivých SSP scénářů a modelu ALADIN-CLIMATE/CZ
Fig. 3. Development of the selected variable in a specific water body based on individual SSP scenarios and the ALADIN-CLIMATE/CZ model

Hodnoty jsou agregovány do měsíčních (záložka „Měsíční“) a ročních hodnot (záložka „Celkové“) a dále odvozených základních statických veličin, jako je průměr („Hodnota“) či dílčí kvantily (10%, 25%, 75% a 95%). V rámci aplikace je dále možné vybírat mezi různými obdobími (2030, 2050, 2070, 2085) a různými socio-ekonomickými cestami (SSP126, SSP245, SSP370, SSP585), což naznačuje možné budoucí vývojové scénáře.

Pod tímto výběrem jsou uvedeny modely klimatu, jako je MEAN (průměr ze všech modelů), CMCC-ESM2, EC-EARTH3, GFDL-ESM4, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0, TaiESM1 a ALADIN (ALADIN-CLIMATE/CZ), jež představují různé klimatické modely používané pro simulace. Dále je možné zobrazovat hodnoty pro současnost 1991–2020, „Historie“, hodnoty scénářů („Scénář“) k rokům 2030, 2050, 2070 a 2085 a absolutní rozdíly mezi výhledem a současností pro zvolenou veličinu.

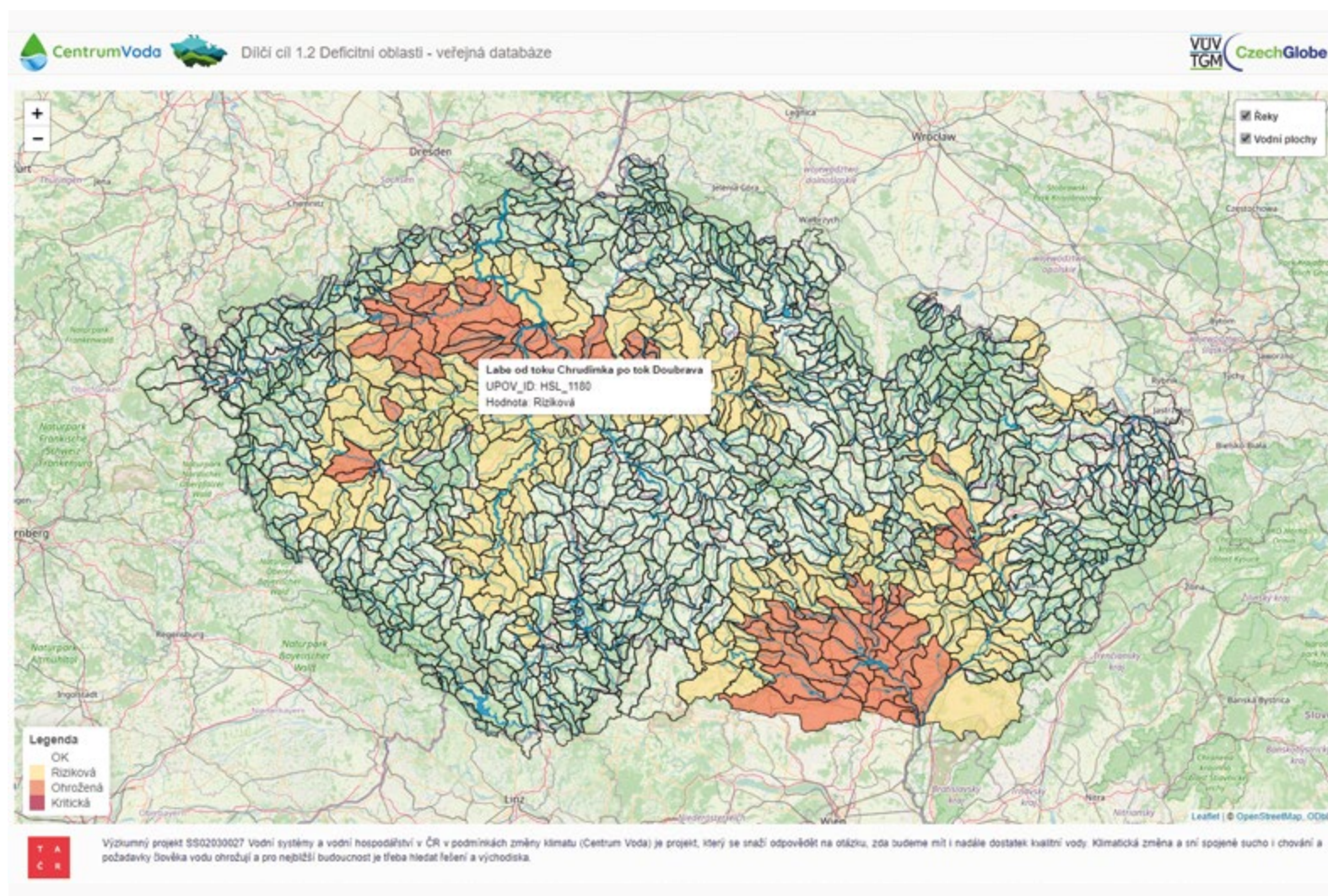
Graf (obr. 3) zobrazuje vývoj zvolené veličiny, kvantilu a vodní útvar dle jednotlivých SSP scénářů a simulací modelem ALADIN-CLIMATE/CZ pro jednotlivé časové horizonty.

Na obr. 4 je celková kompozice výstupu, která se skládá z mapového okna a grafů vývoje na základě zvolené kombinace (v tomto případě absolutní hodnoty srážkového úhrnu pro variantu: výhled k roku 2050, SSP126 a MEAN – průměr ze všech simulací).



Obr. 4. Srážkový úhrn pro variantu: výhled k roku 2050, SSP126 a MEAN (aritmetický průměr ze všech simulací)

Fig. 4. Precipitation total for scenarios: outlook to 2050, SSP126, and MEAN (arithmetic mean of all simulations)



Obr. 5. Vyhodnocené deficitní oblasti

Fig. 5. Evaluated deficit areas

Deficitní oblasti

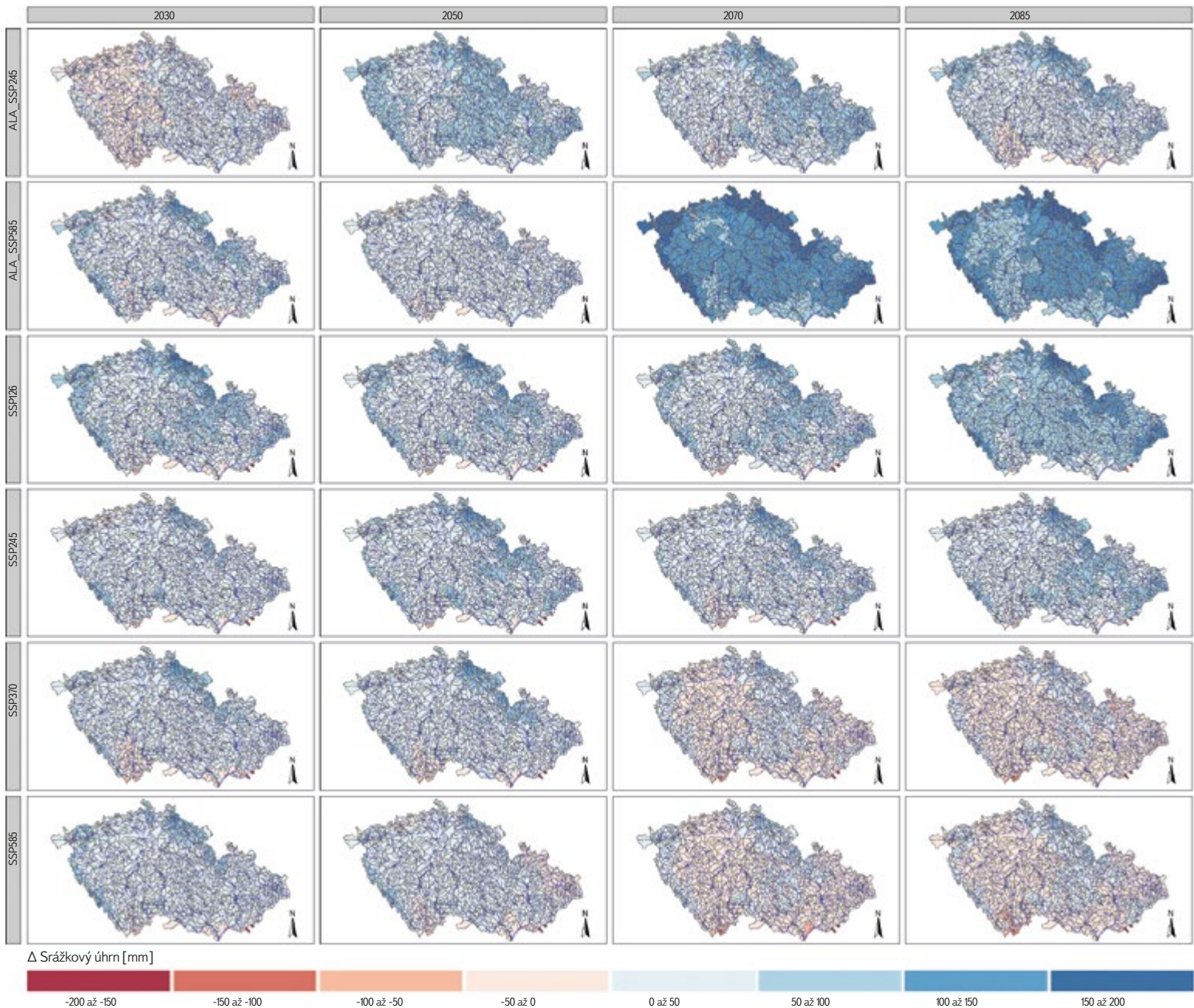
Na počátku řešení (rok 2020) projektu „Centrum Voda“ byly definovány tzv. deficitní oblasti ČR, které byly stanoveny odborným posouzením na základě předchozích studií zabývajících se dopadem změny klimatu na vodní režim a vymezením problematických hydrogeologických rajonů. V rámci řešení projektu „Centrum Voda“ byly tyto oblasti upřesněny na základě využití modelování hydrologické bilance v rozlišení vodních útvarů a aktualizace výstupů z klimatických modelů. U deficitních oblastí by se měla navrhnout adaptační opatření a jejich dopad na vodní režim dané lokality by měl být vyhodnocen.

Na základě zmíněné metodiky výpočtu deficitních oblastí je v komponentě „Deficitní oblasti“ zobrazena mapa ČR (obr. 5) s vymezením aktualizovaných oblastí. Mapa by měla být v průběhu řešení (do konce roku 2024) doplněna o vrstvu, která

bude poskytovat i informace o deficitních oblastech z vodohospodářského pohledu. Pro finalizaci mapy byly využity také podklady dle výhledů jednotlivých simulací.

Na obr. 6 jsou zobrazeny průměrné absolutní změny srážkových úhrnů pro souhrn simulací dle SSP scénářů a pro dílčí časové kroky. Analogicky jsou vyobrazeny absolutní průměrné změny odtokových výšek na obr. 7. Lze pozorovat nárůst srážkových úhrnů dle většiny simulací, jež však často nedokážou kompenzovat nárůst evapotranspirace, který je způsoben především zvýšenou teplotou vzduchu. To má dopad na odtokové výšky.

Na obr. 8 jsou znázorněny deficitní oblasti. Šedé polygony vymezují deficitní oblasti stanovené na počátku řešení projektu „Centrum Voda“. Je zde zřejmý velký rozptyl, a to především pro vzdálenější časové horizonty. Z tohoto důvodu se pro aktualizaci oblastí zvažovaly simulace k roku 2050 (stanoven i jako referenční rok projektu).



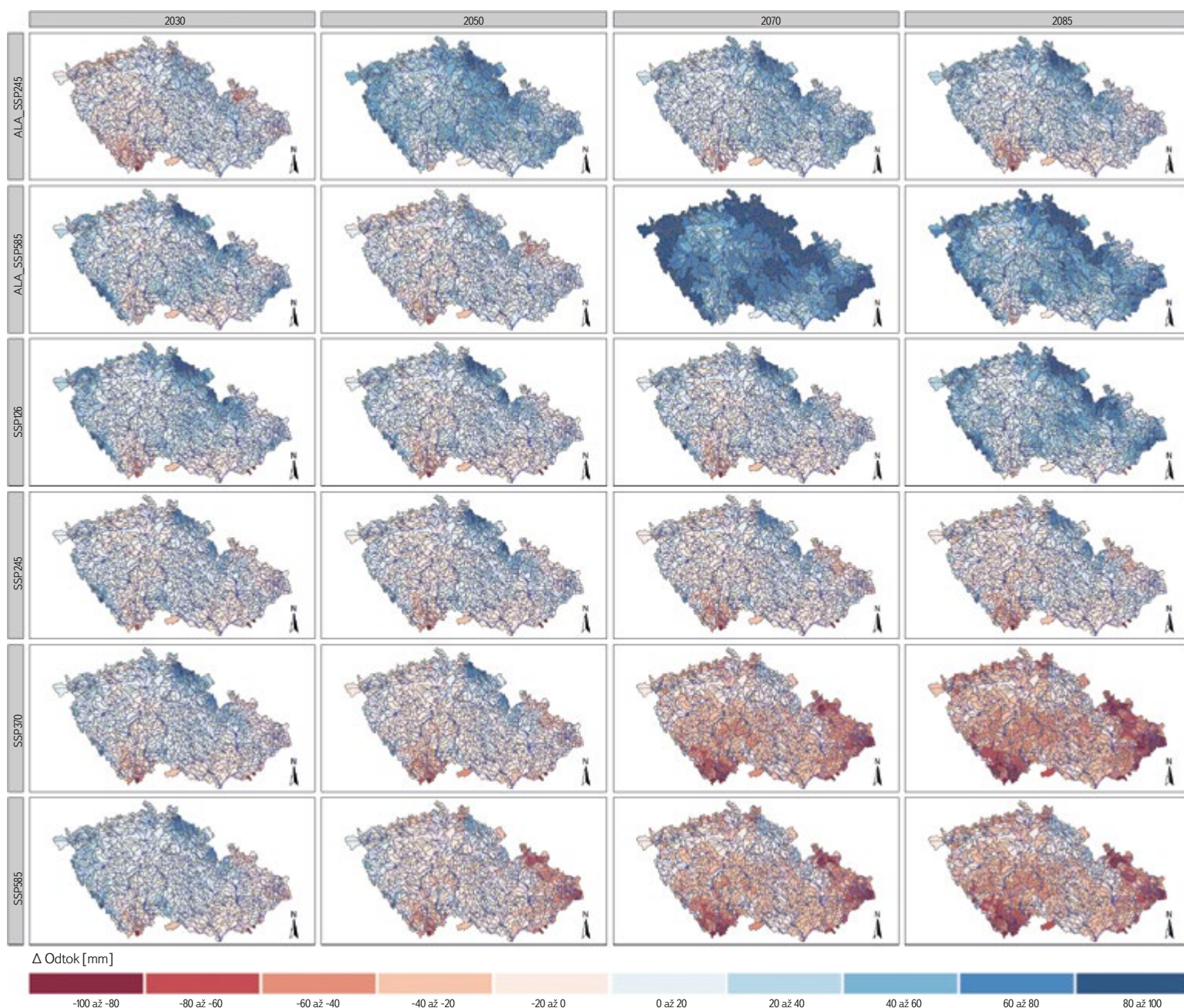
Obr. 6. Absolutní změny srážkových úhrnů na základě jednotlivých simulací klimatických modelů
Fig. 6. Absolute changes in precipitation based on individual climate model simulations

ZÁVĚR A DISKUZE

Cílem výše popsaného řešení bylo poskytnout aktuální informace o možných dopadech klimatické změny na hydrologické bilanční charakteristiky (odtok, základní odtok, dílčí zásoby vody a např. evapotranspiraci). Samotný příspěvek detailně nepopisuje jednotlivé metodologické kroky postupu vyhodnocení, ale spíše závěrečnou syntézu datových výstupů dané problematiky.

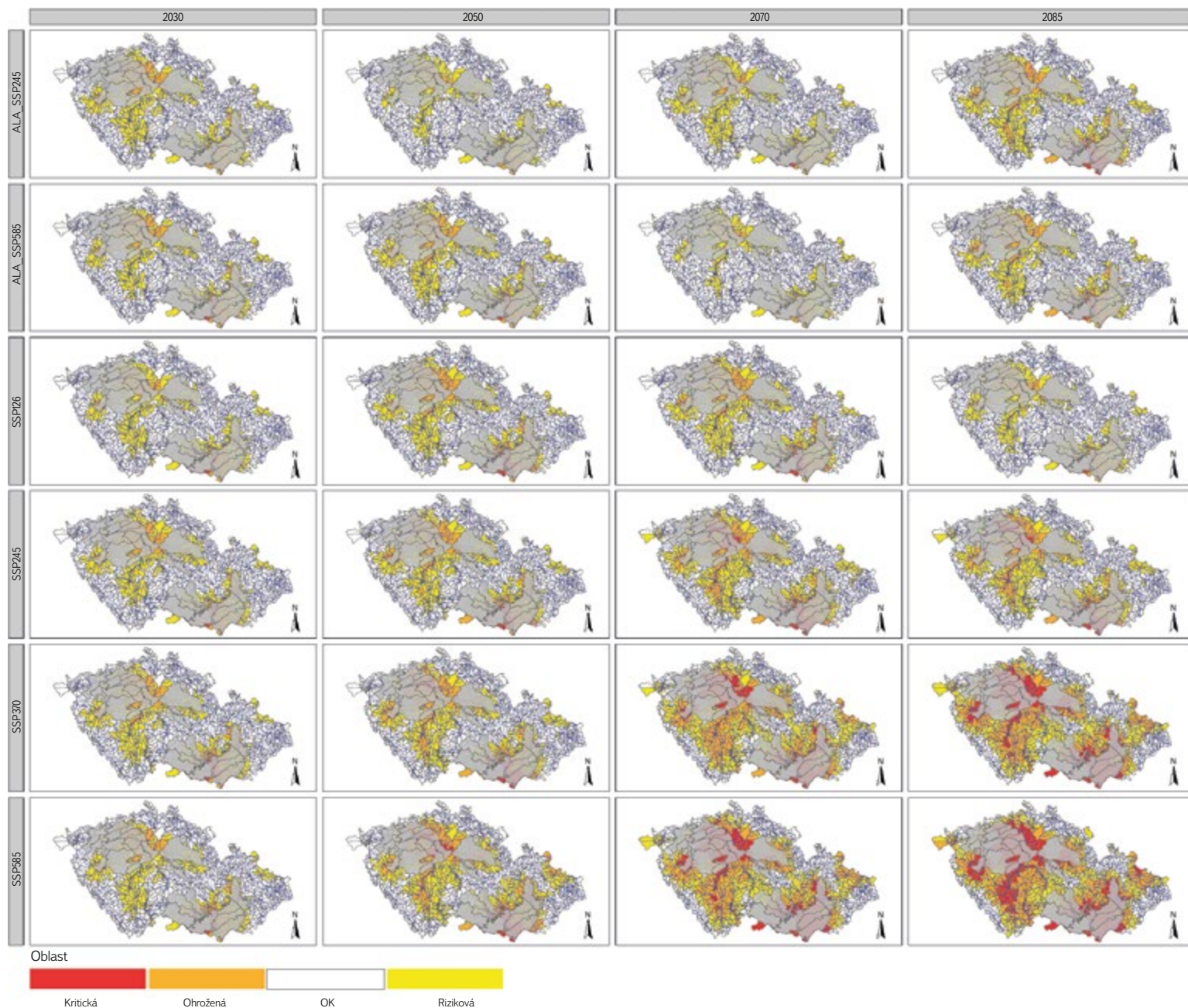
Stránka HYMOD-KZ na adrese <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/> poskytuje detailní výsledky hydrologického modelování a analýzu hydrologické bilance povodí. Tento nástroj může být klíčový pro odborníky ve vodohospodářství, jelikož poskytuje data různých scénářů dopadu změny klimatu na kvantitu vody. Tato data mohou být využita pro další navazující studie, a to nejen výzkumného charakteru. V rámci výstupů však lze pozorovat významnou variabilitu změn,

jež jsou dány především vstupními klimatickými daty (zejména jednotlivými výhledy srážkových úhrnů a jejich časovou distribucí v průběhu roku) a nejistotami v simulacích hydrologického modelu, který je kalibrován na základě dostupných vstupních dat. Samotnými kalibračními strategiemi se zabývá celá řada studií a výzkumů. Budoucí výzkum by mohl být obohacen o použití různých hydrologických modelů a vývoj ensemblových řešení založených na hydrologických simulacích se stejnými datovými vstupy.



Obr. 7. Absolutní změny odtokových výšek na základě jednotlivých simulací klimatických modelů

Fig. 7. Absolute changes in runoff based on individual climate model simulations



Obr. 8. Hodnocení deficitních oblastí na základě jednotlivých simulací klimatických modelů (šedé polygony udávají neaktualizovanou vrstvu deficitních oblastí)

Fig. 8. Evaluation of deficit areas based on individual climate model simulations (grey polygons indicate the non-updated layer of deficit areas)

Poděkování

Článek vznikl na základě výzkumu prováděného v rámci výzkumného projektu č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“ („Centrum Voda“), pracovního balíčku 1 a dílčího cíle 1.2. Pro samotné modelování byla využita také data projektu č. SS02030040 „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku“ („Centrum PERUN“).

Literatura

- [1] VIZINA, A., VYSKOČ, P., KOŽÍN, R., NOVÁKOVÁ, H. Potenciál chráněných území pro akumulaci povrchových vod pro zmírnění dopadů klimatické změny na zásobování pitnou vodou. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2023, 65(1), s. 32–41.
- [2] PRCHALOVÁ, H., VYSKOČ, P., VIZINA, A., NOVÁKOVÁ, H. Bilance zdrojů podzemní vody a potřeb pro pitné účely v podmínkách klimatické změny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2022, 64(5), s. 22–31.
- [3] TRNKA, M., VIZINA, A., HANEL, M., BALEK, J., FISCHER, M., HLAVINKA, P., ... BRÁZDIL, R. Increasing Available Water Capacity as a Factor for Increasing Drought Resilience or Potential Conflict over Water Resources under Present and Future Climate Conditions. *Agricultural Water Management*. 2022, 264, 107460.
- [4] MARKONIS, Y., HANEL, M., MÁČA, P., KYSELÝ, J., COOK, E. R. Persistent Multi-Scale Fluctuations Shift European Hydroclimate to its Millennial Boundaries. *Nature Communications*. 2018, 9(1), 1767.
- [5] POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., VIZINA, A., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., CHAUDHERRY, M. R. A., ... CLOTHIER, B. Projection of 21st Century Irrigation Water Requirements for Sensitive Agricultural Crop Commodities across the Czech Republic. *Agricultural Water Management*. 2022, 262, 107337.

- [6] DI LUCA, A., DE ELÍA, R., LAPRISE, R. Potential for Added Value in Precipitation Simulated by High-Resolution Nested Regional Climate Models and Observations. *Climate Dynamics*. 2012, 38, s. 1 229–1 247.
- [7] O'NEILL, B. C., TEBALDI, C., VAN VUUREN, D. P., EYRING, V., FRIEDLINGSTEIN, P., HURTT, G., ... SANDERSON, B. M. The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*. 2016, 9(9), s. 3 461–3 482.
- [8] MERESA, H., TISCHBEIN, B., MEKONNEN, T. Climate Change Impact on Extreme Precipitation and Peak Flood Magnitude and Frequency: Observations from CMIP6 and Hydrological Models. *Natural Hazards*. 2022, 111(3), s. 2 649–2 679.
- [9] SU, B., HUANG, J., MONDAL, S. K., ZHAI, J., WANG, Y., WEN, S. ... LI, A. Insight from CMIP6 SSP-RCP Scenarios for Future Drought Characteristics in China. *Atmospheric Research*. 2021, 250, 105375.
- [10] MEITNER, J., ŠTĚPÁNEK, P., SKALÁK, P., DUBROVSKÝ, M., LHOTKA, O., PENČEVOVÁ, R. ... TRNKA, M. Validation and Selection of a Representative Subset from the Ensemble of EURO-CORDEX EUR11 Regional Climate Model Outputs for the Czech Republic. *Atmosphere*. 2023, 14(9), 1442.
- [11] MAŠEK, J. Klimatická konfigurácia modelu ALADIN na ČHMÚ. In: TOLASZ, R., POLCAROVÁ, E. (eds.), *Sborník příspěvků z První konference projektu PERUN (TA ČR, SS02030040)*. Praha: ČHMÚ, 2023.
- [12] VIZINA, A., HANEL, M. a kol. *Střední scénář klimatické změny pro vodní hospodářství v České republice. Zprávy pro státní podniky povodí*. Praha: VÚV TGM v. v. i., 2019.
- [13] ŠTĚPÁNEK, P. a kol. *Očekávané klimatické podmínky v České republice*. Brno: ÚVGZ AV ČR, 2019. Vydáno v rámci projektu: „SustES – Adaptační strategie pro udržitelnost ekosystémových služeb a potravinové bezpečnosti v nepříznivých přírodních podmínkách“ (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000797). ISBN 978-8-87902-28-8.
- [14] VIZINA, A., HANEL, M. a kol. *Střední scénář klimatické změny pro vodní hospodářství v České republice. Zprávy pro státní podniky povodí*. Praha: VÚV TGM v. v. i., 2019.
- [15] TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. (eds.). *Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in Water Science 48, Elsevier Science B. V. 2004.
- [16] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Recent Developments of the BILAN Model. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2015, 57(4–5), s. 7–10.
- [17] MELIŠOVÁ, E., VIZINA, A., STAPONITES, L. R., HANEL, M. The Role of Hydrological Signatures in Calibration of Conceptual Hydrological Model. *Water*. 2020, 12(12), 3401.
- [18] GEORGIEVOVÁ, I., HANEL, M., PAVLÍK, P., VIZINA, A. Streamflow Simulation in Poorly Gauged Basins with Regionalised Assimilation Using Kalman Filter. *Journal of Hydrology*. 2023, 620, 129373.
- [19] VIZINA, A., HANEL, M., TRNKA, M., DAŇHELKA, J., GREGORIEOVÁ, I., PAVLÍK, P., HEŘMANOVSKÝ, M. HAMR: On-line Drought Management System – Operational Management During a Dry Episode. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2018, 60(5), s. 22–28.

Autoři

Ing. Adam Vizina, Ph.D.^{1,2}
✉ adam.vizina@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-4683-9624

Ing. Irina Georgievová^{1,2}
✉ irina.georgievova@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-5760-6471

Ing. Petr Vyskoč¹
✉ petr.vyskoc@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-5006-5414

Ing. Eva Melišová, Ph.D.¹
✉ eva.meliso@vuv.cz
ORCID: 0000-0001-5677-2673

Prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.^{1,2}
✉ martin.hanel@vuv.cz
ORCID: 0000-0001-8317-6711

Prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D.³
✉ mirek_trnka@yahoo.com
ORCID: 0000-0003-4727-8379

Ing. Petr Pavlík^{1,2}
✉ petr.pavlik@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-6138-1156

Ing. Milan Fischer, Ph.D.³
✉ fischer.milan@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7841-9317

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)

²Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha (Česká republika)

³Ústav výzkumu globální změny AV, Praha (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.09.003

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

HYMOD-KZ DATABASE AND DEFICIT AREAS

VIZINA, A.^{1,2}; GEORGIEVOVÁ, I.^{1,2}; VYSKOČ, P.¹; MELIŠOVÁ, E.¹; HANEL, M.^{1,2}; TRNKA, M.³; PAVLÍK, P.^{1,2}; FISCHER, M.³

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

²Czech University of Life Sciences, Faculty of Environmental Sciences, Prague (Czech Republic)

³Global Change Research Institute of the Czech Academy of Sciences, Prague (Czech Republic)

Keywords: water resources – water scarcity – water balance – climate change – deficit areas

The article describes the HYMOD-KZ database, available at <https://shiny.vuv.cz/HYMOD-KZ/>. The database provides detailed results of hydrological modeling and hydrological balance analysis of catchments (water bodies) for current and future climate conditions. This tool can serve as a foundation for water management experts, academics, and the broader professional community, as it provides outputs at the spatial resolution of water bodies. The graphical representation of results facilitates understanding of complex hydrological phenomena and supports decision-making in water management planning.

Problematika antimikrobiální rezistence ve vodním prostředí ČR

HANA ZVĚŘINOVÁ MLEJNKOVÁ, KATEŘINA SOVOVÁ, ŠTĚPÁNKA ŠABACKÁ, ADAM ŠMÍDA

Klíčová slova: antimikrobiální rezistence — povrchové a odpadní vody — disková difuzní metoda — multirezistence — antibiotika — ESBL

ABSTRAKT

Antimikrobiální rezistence (AMR) se v posledních desetiletích dostala mezi celosvětové problémy s vysokou prioritou. Její závažnost spočívá v kriticky se zvyšujícím počtu patogenních bakterií, které nesou geny rezistence na dříve běžné fungující antibiotika (ATB), čímž se stávají zdravotní hrozbou. Výskyt rezistence je důsledkem dlouhodobého nesprávného užívání ATB v humánní a veterinární praxi (s nejvýznamnějším přispěním rozvojových zemí). V roce 2017 upozornila OSN, že se problém netýká jen uvedených oblastí a že významným rezervoárem a vektorem šíření AMR může být i životní prostředí. Problematika AMR byla zařazena do iniciativy „One Health“, která je založena na společném přístupu v boji s AMR napříč sektory zdravotnictví, zemědělství a životního prostředí. AMR se do vodního prostředí dostává ve formě rezistentních bakteriálních kmenů (ARB) nebo genů rezistence (ARG) vylučovaných pacienty přes komunální čistírnou odpadních vod (ČOV), splachy nebo zemědělskými odpady.

V naší studii byl proveden screening výskytu antibiotické rezistence na vybraná ATB (cefuroxim, cefotaxim, cefepim, gentamicin, sulphamethoxazol/trimethoprim, fosfomycin, nitrofurantoin a meropenem) u indikátorové bakterie *Escherichia coli* (*E. coli*), izolované z povrchových vod a odpadních vod na přítocích a odtocích z ČOV. K detekci rezistence byla použita kultivační disková difuzní metoda. *E. coli* s prokázanou rezistencí byla stanovena téměř ve 100 % testovaných vzorků s výjimkou rezistence na nitrofurantoin a meropenem ve vzorcích kategorie nad zaústěním ČOV. Nejvyšší podíly rezistentních *E. coli* byly zjištěny pro gentamicin, a to ve všech kategoriích. Prokázán byl také výskyt multirezistentních kmenů a kmenů s produkcí širokospektrých beta-laktamáz (Extended Spectrum Beta-Lactamases – ESBL).

Záchyty vysokých počtů rezistentních či multirezistentních kmenů *E. coli* v čistěných odpadních vodách a pod jejich zaústěním ukazují na významnost vodního prostředí při šíření AMR, což může být důsledkem možného přenosu rezistence mezi bakteriálními kmeny v podmínkách ČOV. Závěry screeningu ukazují na potřebu detailního studia AMR v životním prostředí, které je nezbytné pro úspěch ve snahách o snížení aktuálních zdravotních hrozeb představovaných antibiotickou rezistencí v ČR i ve světě.

ÚVOD

AMR je schopnost bakterií odolávat účinku ATB, tj. látek, které je dokážou usmrtit nebo zastavit jejich růst. Přirozená vlastnost každého organismu, včetně bakterií, je přežít a množit se. Pokud jim v tom brání kontakt s ATB, pokusí se najít způsob, jak se jejich negativnímu účinku vyhnout. Takto dochází ke vzniku mutací a genetických přenosů, které způsobují, že se původně citlivé bakterie stávají vůči působení ATB částečně nebo zcela odolné. Hlavní příčinou je

nadměrný kontakt bakterií s ATB způsobený jejich nesprávným nebo nevhodným užíváním a výskyt ATB v prostředí. Důsledkem je fakt, že se dnes ve světě vyskytují nebezpečné rezistentní bakterie, na které nefungují běžná ani rezervní ATB. V současné době se proti nim dokážeme bránit pouze pomocí vyšších dávek nebo jiným druhem ATB, kterých je však omezené množství, což pro pacienty může znamenat větší zatížení organismu a více nežádoucích účinků. Současně i zde existuje možnost, že si bakterie najde cestu, jak nad ATB zvítězit. Uvádí se, že v EU každoročně zemře přes 35 000 lidí v souvislosti s AMR [1, 2].

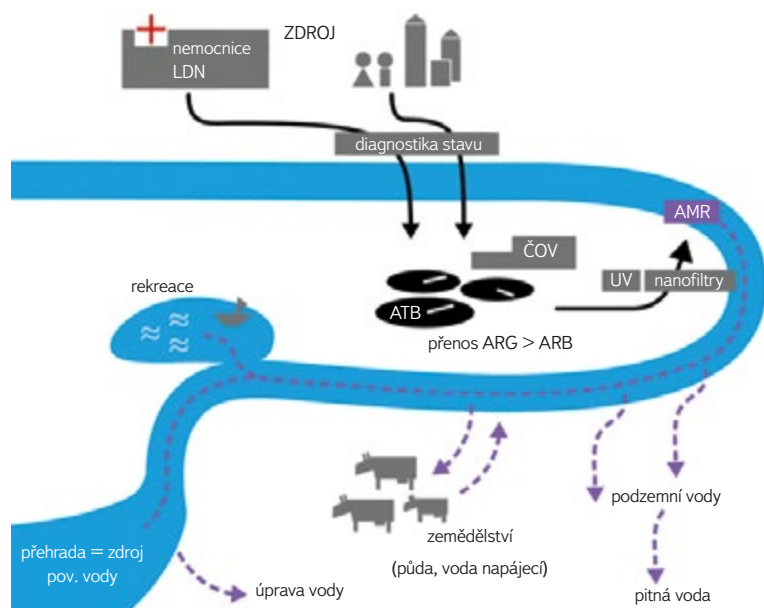
K šíření AMR přispívá vylučování ATB do odpadních vod (až 80 %) a nadužívání ATB v zemědělském sektoru, kde do roku 2006 – a v některých zemích mimo EU dosud – bylo praktikováno preventivní podávání ATB chovným zvířatům za účelem urychlení růstu. Dosud málo prozkoumaným zdrojem AMR je vznik rezistentních bakterií v životním prostředí kontaminovaném ATB. V klinickém sektoru přispívá ke vzniku AMR užívání širokospektrých ATB, jež působí proti širokému spektru bakterií, poddávkování doporučených léčebných dávek, které způsobí adaptaci bakterií na nízké hladiny ATB, a nedůsledná diagnostika původce nemoci, např. léčba virových infekcí ATB.

Působení ATB komplikuje také schopnost některých bakterií, včetně *E. coli*, produkovat ESBL, jež hydrolyzují často používaná ATB (mj. peniciliny a cefalosporiny).

Studiu AMR a dopadům jejího šíření se intenzivně věnuje klinická a veterinární medicína na evropské i světové úrovni. V roce 2019 zařadila WHO AMR mezi deset nejvýznamnějších zdravotních hrozeb, v roce 2022 Evropská komise spolu s členskými státy EU označila AMR za jednu ze tří prioritních zdravotních hrozeb [3]. V červnu 2023 přijaté doporučení Evropské rady o posílení opatření EU pro boj proti antimikrobiální rezistenci v rámci přístupu „One Health“ [4] nově obsahuje konkrétní cíle, jichž by měl každý členský stát do roku 2030 dosáhnout. Pro ČR jsou cíle uvedeny ve *Strategii Národního antibiotického programu České republiky na období 2024–2030*:

- A. snížení celkové spotřeby ATB o 9 % (ve srovnání s rokem 2019), přičemž alespoň 65 % používaných ATB by ve všech státech EU měla tvořit základní, úzkospektrá ATB;
- B. snížení celkové incidence infekcí krevního řečiště, jež jsou způsobeny bakteriemi rezistentními vůči ATB; incidence by měla klesnout u meticilin rezistentních *Staphylococcus aureus* o 6 %, u *E. coli* rezistentních k cefalosporinům 3. generace o 5 % a u *Klebsiella pneumoniae* rezistentních ke karbapenemům o 2 %.

Problematika AMR v životním prostředí donedávna nepatřila mezi prioritní zájmy. Poznatky prokazující její význam byly akceptovány v roce 2017 ve studii OSN *Frontiers* 2017 [5–7]. Profesor W. Gaze upozornil, že vypouštění ATB je přehlíženým problémem, který však může být klíčový při rozvoji rezistentních kmenů, a vyvolal příslib řešit AMR napříč sektory, jenž vyústil v iniciativu



Obr. 1. Mechanismy možného šíření AMR vodním prostředím

Fig. 1. Mechanisms of potential spread of AMR in the water environment

“One Health”. Riziko spočívá v tom, že většina ATB se v nemetabolizované formě společně s rezistentními bakteriemi (ARB) dostává do vody a půdy, kde se setkává s environmentálními bakteriemi a vznikají zde podmínky pro vzájemnou výměnu genetické informace. K přenosu dále přispívají podmínky prostředí a další kontaminanty (těžké kovy, dezinfekční prostředky aj.), které mohou zvýšit selekční tlak, a tím potenciál vzniku velkého množství nových rizikových rezistencí. Byly nalezeny patogenní bakterie s klinicky významnými geny, pocházejícími z životního prostředí [7]. Dosud byly rezistentní i multirezistentní bakterie, tj. ty, jež nesou rezistenci k více než třem skupinám ATB, nalezeny ve všech typech vod včetně podzemních. Kontaminace rezistentními bakteriemi nebo geny rezistence je riziková pro zdroje pitných vod a povrchové vody využívané ke koupání, kde může dojít k přenosu fekálně-orální cestou do lidského těla. Kontaminace potravinového řetězce AMR může nastat u vod k zavlažování, akvakultur a aplikací čistírenských kalů i statkových hnojiv na zemědělskou půdu [8]. Mechanismy možné kontaminace vodního prostředí AMR jsou schematicky znázorněny na obr. 1.

Vodní prostředí je kontaminováno rezistentními bakteriemi primárně přes čistírny odpadních vod (ČOV), které jsou považovány za hot-spot pro šíření AMR ve vodním prostředí. Do ČOV se ARB dostávají spolu s ATB z trávicího a vylučovacího ústrojí člověka a jsou zde – v závislosti na jejich stabilitě ve vodním prostředí – přítomny v různém stupni metabolizace. I přes vysokou účinnost stávajících čistírenských technologií, jež dosahuje při odstraňování mikrobiálního znečištění hodnot kolem 99 %, je do recipientu uvolňováno velké množství ARB a ARG. V čistěných komunálních odpadních vodách a odpadních vodách z výroby léčiv vypouštěných do vodních toků je spolu s málo známými produkty jejich rozkladu přítomno také velké množství ATB, jež nelze současnými technologiemi odbourat. Pro doplnění informací o výskytu AMR v populaci napojené na jednotlivé ČOV [4] se využívají také údaje získané při monitoringu surových odpadních vod na principu WES (Wastewater and Environmental Surveillance).

Znalost aktuálního stavu výskytu AMR v životním prostředí v ČR je na velmi nízké úrovni a je nezbytné, v návaznosti na aktivity dalších zemí EU, přispět k jejímu rozšíření, aby byly získány podklady pro účinnou ochranu zdraví lidí a životního prostředí.

V ČR aktuálně neprobíhá žádný systematický monitoring vodních toků s ohledem na výskyt AMR. Informace o stavu lze odvodit pouze z výzkumných aktivit několika vědeckých týmů, které se touto problematikou z různých

pohledů zabývají (např. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha, Univerzita Pardubice, Veterinární univerzita, Brno, Státní zdravotní ústav, Praha). Zájem o problematiku AMR podporuje aktualizovaná směrnice o čištění městských odpadních vod 271/91/EHS, která vešla v platnost v listopadu 2024. V rámci této směrnice se očekává řada změn, jež pomohou zvýšit kvalitu povrchových vod a snížit zdravotní rizika spojená s jejich užíváním. Postupně by měl být zaveden monitoring látek, které mohou mít vliv na lidské zdraví, kam je vedle AMR zařazen např. monitoring virů, PFAS (perfluorované a polyfluorované alkylové látky) a mikroplastů. Problematika by měla být v budoucnu zařazena i do *Rámcové směrnice o ochraně vod 2000/60/ES*.

Naším cílem bylo získat prvotní informace o výskytu AMR v povrchových a odpadních vodách v ČR. Screening byl zaměřen na zjištění výskytu antibiotické rezistence na vybraná ATB u indikátorové bakterie *E. coli*, izolované z povrchových a odpadních vod na přítocích a odtocích z ČOV pomocí diskové difúzní metody.

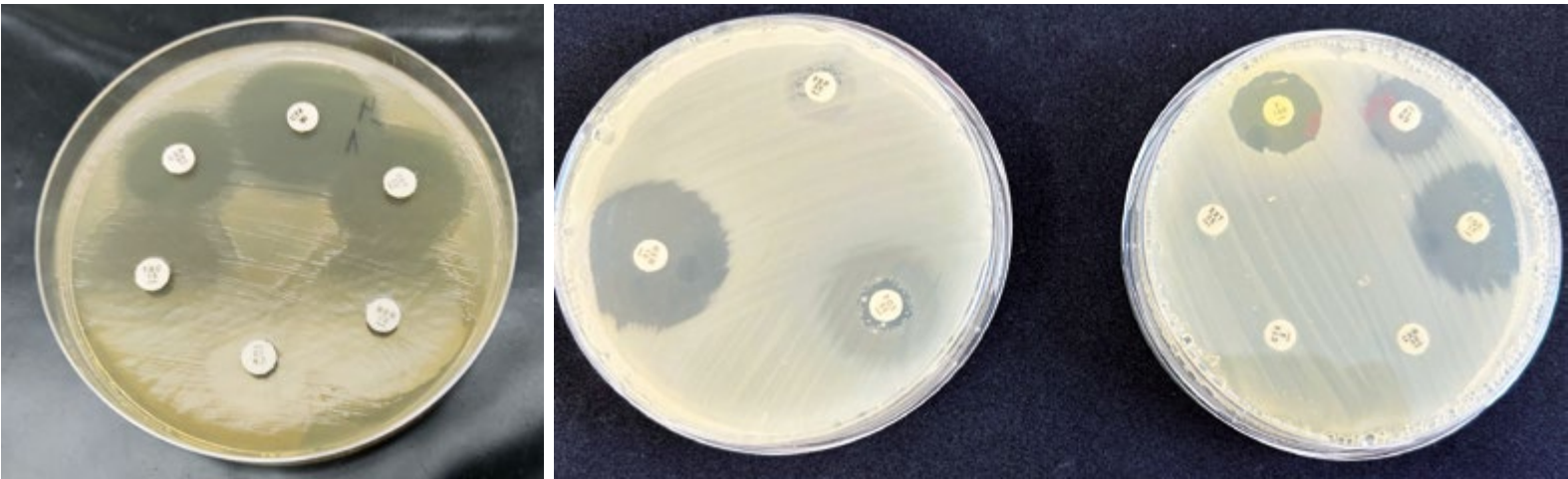
METODIKA

Odběr vzorků

Pro možnost porovnání vlivu ČOV byly do studie vybrány lokality povrchových vod z páteřních vodních toků nad a pod zaústěním komunálních odpadních vod z velkých městských aglomerací s jednoduchou kanalizací a vzorky povrchových vod z menších vodních toků zaústěných do Vltavy. Současně byly analyzovány vzorky odpadních vod na přítoku a odtoku z těchto ČOV. Vzorky byly odebrány průběžně v letech 2022–2024 a byly zařazeny do kategorií NAD (13 vzorků z vodních toků nad velkými komunálními ČOV), POD (53 vzorků z toků pod zaústěním čistěných odpadních vod z velkých komunálních ČOV ve vzdálenosti 500 m až 10 km), PŘÍTOK (19 vzorků z přítoků do ČOV po hrubém mechanickém předčištění), ODTOK (26 vzorků čistěných odpadních vod na odtocích z ČOV s různými technologiemi čištění) a POTOK (20 vzorků z různě vodních přítoků Vltavy, do nichž jsou zaústěny menší ČOV a další výpustě). Celkem bylo do studie zahrnuto 131 vzorků. Vzorky byly odebrány standardním způsobem odběrů pro mikrobiologickou analýzu.

Postup izolace *E. coli* a stanovení citlivosti na antibiotika diskovou difúzní metodou

Ve vzorcích byly kultivačně na mFC agar, s konfirmací pomocí MUG (4-metylumbelliferyl- β -D-glukuronid), stanoveny bakterie *E. coli* [9]. Z každého vzorku byly, v optimálním případě, vybrány a izolovány čtyři typově odlišné kmeny *E. coli*, u nichž byla zjišťována AMR diskovou difúzní metodou. Čistá bakteriální kultura vyrostlá přes noc na pevné neselektivní půdě (Trypton Yeast Extract Agar) byla rozsuspensována ve fyziologickém roztoku do stupně zákalu $0,5 \pm 0,1$ dle McFarlandovy zákalové stupnice, tj. $1-2 \times 10^8$ buněk/ml. Suspenze byla rovnoměrně nanášena na misky s Mueller-Hinton agar, na které byly následně pomocí aplikátoru umístěny disky obsahující ATB o různých koncentracích (tab. 1). Po 18 ± 2 hodinové inkubaci při 36 ± 2 °C byly odečteny inhibiční zóny jednotlivých ATB (breakpoint průměry inhibičních zón byly zvoleny podle tabulek EUCAST [10]), viz obr. 2. ATB a jejich koncentrace byly vybrány na základě informací o výskytu rezistence v klinické oblasti, používání ATB v ČR a vlastností ATB ve vodním prostředí tak, aby bylo pokryto co nejvíce skupin ATB (zdroj: NRL pro ATB SZÚ, EUCAST [10]).



Obr. 2. Inhibiční zóny testovaného kmene *E. coli*, příklad citlivého (zřetelná inhibiční zóna kolem disku s ATB) a rezistentního kmene (malá nebo žádná inhibiční zóna kolem disku s ATB); velikost inhibiční zóny je uvedena v EUCAST
Fig. 2. Inhibition zones of the tested *E. coli* strain, example of a sensitive (obvious inhibition zone around the antibiotics disc) and resistant strain (small or no inhibition zone around the antibiotics disc); the size of inhibition zones is given in EUCAST

Tab. 1. Seznam použitých ATB a jejich koncentrace v discích
Tab. 1. List of antibiotics used and their concentration in the discs

Antibiotikum	Zkratka	Koncentrace antibiotika v disku [µg]	Skupina
cefuroxim	CXM	30	cefalosporiny 2. generace
cefotaxim	CTX	5	cefalosporiny 3. generace
cefepim	FEP	30	cefalosporiny 4. generace
gentamicin	CN	10	aminoglykosidy
sulphamethoxazol/trimethoprim	SXT	25	sulfonamidy
fosfomicin	FOS	50	širokospektrá ATB
nitrofurantoin	F	100	nitrofurany
meropenem	MEM	10	karbapenemy

Stanovení *E. coli* s produkcí širokospektrých beta-laktamáz

Stanovení rezistence *E. coli* na vybraná ATB byla doplněna detekcí produkce širokospektrých beta-laktamáz (ESBL).
Zvolený objem vzorku (obvykle 1–100 ml) byl přefiltrován přes sterilní nitrocelulózový membránový filtr o porozitě 0,45 µm, který byl poté umístěn na misku sTBXagarem (TryptoneBileXGlukoronideagar) spřídavkem cefotaximu (4 µg/ml). TBX agar bez ATB sloužil ke zjištění celkového počtu *E. coli* ve vzorku vody. Kultivace probíhala v termostatu při teplotě 36 ± 1 °C po dobu 21 ± 3 hod. Z každého vzorku byly čtyři presumptivní kolonie ESBL pozitivních kmenů *E. coli* podrobeny dvěma testům – CDT (Combination Disc Diffusion Test) a DDST (Double Disk Synergy Test) podle postupu provedení a interpretace výsledků [11], viz obr. 3. Průkaz ESBL využívá inhibici hydrolyzy ATB kyselinou klavulanovou. U CDT se používají cefalosporinové disky s obsahem cefotaximu a ceftazidimu a kombinované disky cefotaxim/kyselina klavulanová a ceftazidim/kyselina klavulanová. Na jeden izolát se použijí čtyři disky (dva cefalosporiny a dva kombinované disky). Interpretace výsledků CDT testu (obr. 3) je založena na odečtu

velikosti inhibičních zón každého cefalosporinu zvlášť v porovnání s kombinací cefalosporinu a kyseliny klavulanové. U DDST se používají cefalosporinové disky a klavulanový disk. Principem je použití cefalosporinových disků vedle klavulanového disku se vzdáleností 20 mm od středu. Po inkubaci se sleduje interakce mezi jednotlivými cefalosporiny a kyselinou klavulanovou (obr. 3).



Obr. 3. Průkaz produkce širokospektrých beta-laktamáz u *E. coli* (nahore: CDT test, dole: DDST test)
Fig. 3. Confirmation of ESBL on the *E. coli* isolates by CDT and DDST tests (above: CDT test, below: DDST test)

Tab. 2. Relativní podíl kmenů *E. coli* s prokázanou AMR v jednotlivých kategoriích
Tab. 2. Relative proportion of *E. coli* strains with proven AMR in each category

Kategorie vzorků	Počet vzorků	Celkový počet <i>E. coli</i>	Počet testovaných kmenů <i>E. coli</i>	Podíl testovaných kmenů <i>E. coli</i>	Cefuroxim	Cefotaxim	Cefepim	Gentamicin	Sulphamethoxazol/ trimethoprim	Fosfomycin	Nitrofurantoin	Meropenem
		[KTJ/100 ml]	[KTJ/100 ml]	[%]	Relativní procentuální podíl kmenů s prokázanou rezistencí							
NAD	13	26 075	50	0,19	10	12	6	46	14	10	0	0
POD	53	404 043	201	0,05	20	15	10	55	11	22	2	1
PŘÍTOK	19	199 300 000	77	0,00004	12	9	3	55	9	17	1	1
ODTOK	26	1 005 929	102	0,01	26	23	16	50	19	24	8	8
POTOK	20	1 094 560	80	0,01	9	6	5	50	8	18	6	3

Hodnocení výsledků

Vzorky byly pro vyhodnocení orientačního výskytu AMR v povrchových a odpadních vodách rozděleny do pěti kategorií. Byly porovnány vzorky odebrané na přítocích (PŘÍTOK) a odtocích (ODTOK) z velkých ČOV, ve vodních tocích nad (NAD) a pod (POD) zaústěním čištěných odpadních vod z ČOV a v menších vodních tocích (POTOK), na nichž jsou lokalizovány menší ČOV. Získané výsledky byly vyhodnoceny v rámci jednotlivých kategorií a graficky zpracovávány. Hodnocení bylo provedeno pro „relativní procentuální podíl kmenů s prokázanou rezistencí“ na jednotlivá ATB. Ten byl získán dopočtem reálně otestovaného podílu kmenů do celkového počtu *E. coli* ve vzorku.

Přesnost výsledků je zatížena relativně nízkým podílem testovaných kmenů (0,00004–0,19 %) daným vysokým mikrobiálním zatížením vzorků povrchových a odpadních vod. Samostatně byl hodnocen podíl ESBL pozitivních a multirezistentních kmenů, tj. kmenů se současnou rezistencí nejméně vůči třem skupinám ATB, přičemž cefalosporiny 3. a 4. generace jsou považovány za jednu skupinu.

VÝSLEDKY

V průběhu let 2022–2024 bylo otestováno 131 vzorků vod z pěti kategorií. Počty vzorků v jednotlivých kategoriích přinášejí tab. 2 a 3. V tab. 2 jsou dále uvedeny relativní procentuální podíly kmenů *E. coli* s prokázanou antibiotickou rezistencí na testovaná ATB v jednotlivých kategoriích, tab. 3 ukazuje počty vzorků s prokázanou antibiotickou rezistencí na testovaná ATB v jednotlivých kategoriích. Výsledky jsou graficky znázorněny na obr. 4.

Nejvíce vzorků bylo testováno z kategorie POD, do níž byly zařazeny recipienty odpadních vod v různých vzdálenostech (500 m až 10 km) od jejich ústí. V této kategorii bylo otestováno 201 kmenů *E. coli* z celkově detekovaných více než 400 000. Byla nalezena rezistence na všechna testovaná ATB, v porovnání s ostatními kategoriemi byl vysoký podíl kmenů rezistentních na fosfomycin (22 %), v podobném podílu jako u kategorií PŘÍTOK a ODTOK (17–24 %). Nejčastější byla rezistence na gentamicin (55 %), nejméně se, stejně jako u ostatních kategorií, vyskytovala rezistence na meropenem (1 %).

Nižší podíly antibioticky rezistentních kmenů byly zjištěny v kategorii NAD, kam byly zařazeny profily větších vodních toků nad ústím ČOV. Tato kategorie sloužila ke kontrolnímu porovnání stavu nad vůči stavu pod ústím velkých ČOV, které jsou považovány za významné zdroje AMR. Nicméně i v této „kontrolní“ kategorii byly nalezeny *E. coli* s rezistencí k šesti z osmi testovaných ATB. V žádném vzorku však nebyla nalezena rezistence na nitrofurantoin a meropenem.

Další významné kategorie pro vzájemné porovnání byly PŘÍTOK a ODTOK z ČOV. V obou kategoriích byla, i přes významné snížení počtu *E. coli* na odtocích díky dobré účinnosti čištění, zjištěna rezistence ke všem testovaným ATB. Podíl rezistentních kmenů i pozitivních vzorků byl neočekávaně vyšší v kategorii ODTOK. Výjimkou byla rezistence na gentamicin, která byla v obou kategoriích obdobně vysoká (50–55 %). K nejvýznamnějšímu navýšení podílu ARB došlo u cefepimu, nitrofurantoinu a meropenemu.

V kategorii POTOK, kam byly zařazeny vzorky různých vodních přítoků Vltavy, do nichž jsou zaústěny menší ČOV, byla rovněž prokázána rezistence na všechna testovaná ATB. Podíly rezistentních *E. coli* a vzorků byly nižší, podobně jako u kategorie NAD.

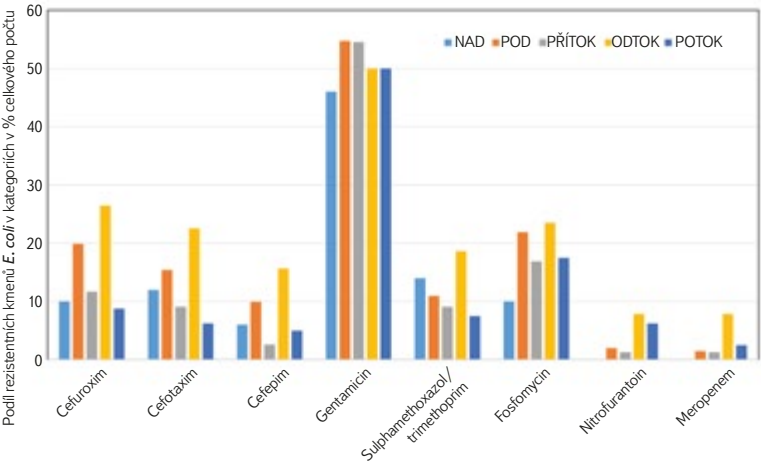
Největší podíl rezistentních *E. coli* a vzorků byl jednoznačně zjištěn u gentamicinu (46–55 % kmenů), nejméně byla zastoupena rezistence na meropenem a nitrofurantoin (0–8 % kmenů). Rezistence na cefalosporiny 2. generace byla zjištěna u 9–26 % kmenů *E. coli*, významná byla i u cefalosporinů 3. a 4. generace (3–23 % kmenů), viz obr. 5.

Mnoho kmenů *E. coli* vykazovalo multirezistenci (obr. 6). Nejčastější byl výskyt rezistence na tři až pět skupin ATB v kategorii POD a ODTOK. V kategorii ODTOK byla zjištěna i rezistence na šest a sedm skupin ATB.

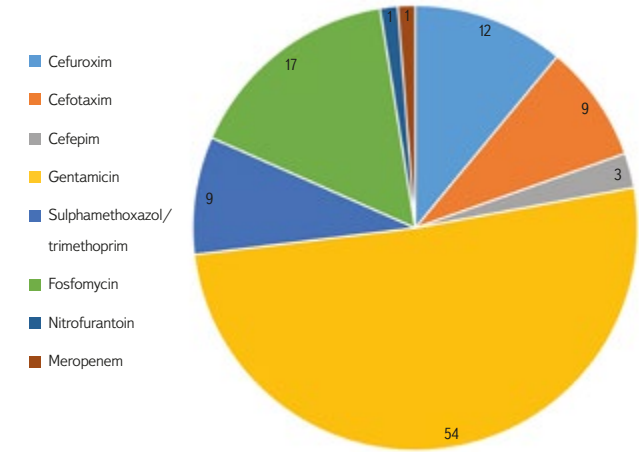
V části vzorků zpracovávaných pro mezinárodní aktivitu v rámci EIONET WG on AMR in Surface Waters byly izoláty *E. coli* orientačně testovány na produkci širokospektrých beta-laktamáz. Takto bylo zpracováno pět vzorků (25 izolátů) v kategorii POD a osm vzorků (33 izolátů) v kategorii ODTOK. Podíl ESBL kmenů byl vyšší ve vzorcích z odtoků ČOV (0,2–3,6 %), výskyt ESBL pozitivních *E. coli* byl prokázán i v recipientu odpadních vod (kategorie POD), viz tab. 4.

Tab. 3. Počty vzorků v jednotlivých kategoriích s prokázanou AMR u *E. coli*
Tab. 3. Numbers of samples in each category with demonstrated AMR in *E. coli*

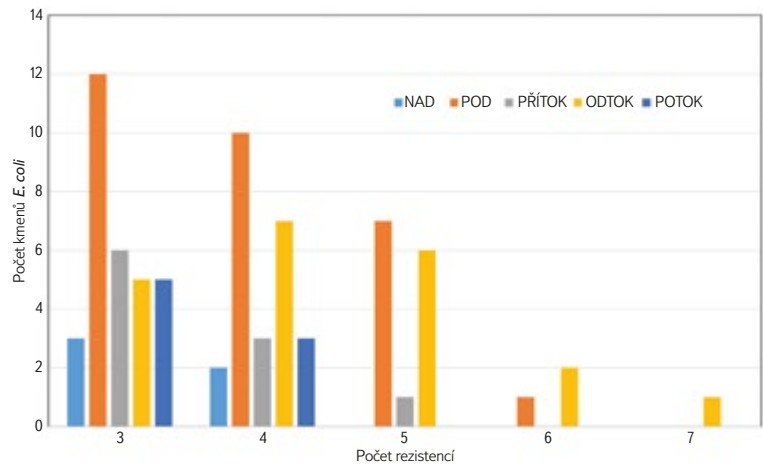
Kategorie vzorků	Počet vzorků	Cefuroxim	Cefotaxim	Cefepim	Gentamicin	Sulphamethoxazol/ trimethoprim	Fosfomycin	Nitrofurantoin	Meropenem
[% pozitivních vzorků]									
NAD	13	23	23	15	77	38	31	0	0
POD	53	38	30	17	81	23	55	38	6
PŘÍTOK	19	32	26	11	84	32	42	37	5
ODTOK	26	54	42	35	81	38	50	42	15
POTOK	20	25	15	10	85	20	50	45	10



Obr. 4. Relativní podíl kmenů *E. coli* s prokázanou AMR v jednotlivých kategoriích
Fig. 4. Relative proportion of *E. coli* strains with proven AMR in each category



Obr. 5. Relativní podíl výskytu rezistence na jednotlivá ATB (včetně vícečetných rezistencí; v %)
Fig. 5. Relative proportion of occurred resistance to individual antibiotics (incl. Multiple resistance; in %)



Obr. 6. Počty kmenů *E. coli* s prokázanou rezistencí na 3–7 skupin ATB
Fig. 6. Number of *E. coli* strains with proven resistance to 3–7 groups of antibiotics

Tab. 4. Podíl vzorků s prokázanou ESBL u *E. coli*
Tab. 4. Ratio of samples with proven ESBL in *E. coli*

Kategorie vzorků	Počet vzorků	Počet testovaných kmenů	Počet pozitivních kmenů	Podíl kmenů s přítomností ESBL <i>E. coli</i> ve vzorku [%]
POD	5	25	13	0–2,4
ODTOK	8	33	23	0,2–3,6

DISKUZE

Úloze životního prostředí při vzniku a šíření AMR je věnována stále větší pozornost. Na základě současných poznatků není možné předpovědět intenzitu výskytu AMR z jakýchkoli jiných údajů (např. reziduí ATB, živin), proto je nutné AMR sledovat přímo, tj. pomocí ARB nebo ARG. Mezi ARB bývá AMR nejčastěji sledována u izolátů *E. coli* [12, 13]. V naší studii byly na přítomnost AMR testovány izoláty *E. coli* z povrchových a odpadních vod. Pro testování byla zvolena především taková ATB, na něž je v současné době dokumentována významná rezistence v klinické sféře a která působí obtíže při léčbě závažných infekcí.

Naše výsledky potvrzují, že výskyt AMR ve vodním prostředí není ojedinělý, naopak, v převážné většině analyzovaných vzorků (95 %) byla zjištěna u izolátů *E. coli* rezistence alespoň k jednomu ATB. Nejčastěji šlo o rezistenci vůči gentamicinu, fosfomycinu a beta-laktamovým ATB. Gentamicin je ATB používané proti vážným infekcím. Často je podáván v kombinaci s dalšími beta-laktamovými ATB a je využíván především v chirurgii [14]. Je znám pro častý výskyt rezistence vůči němu [15]. V případě fosfomycinu jde o ATB používané pro léčení nekomplikovaných močových infekcí. Využívá se také proti již rezistentním kmenům bakterií [16]. K nejméně častým patřil výskyt rezistence na meropenem, zástupce karbapenemů. Tato ATB patří mezi ta méně užívaná, a to pro léčbu závažných infekcí způsobených multirezistentními kmeny enterobakterií a nefermentujícími gramnegativními tyčkami. Rezistence ke karbapenemům je tedy z klinického a epidemiologického hlediska velmi závažný problém [17]. Výsledky této studie jsou v souladu s našimi dřívějšími daty [18]. Různé studie dokumentují, že podíl rezistentních enterobakterií z odpadních vod včetně *E. coli* může dosahovat hodnot od méně než 1 % až do více než 20 %, zejména pokud jde o peniciliny, cefalosporiny, chinolony a tetracykliny [12, 13, 19]. Podobnému tématu se věnovala i práce výzkumného týmu z USA [20]. Autoři popisují výskyt AMR

u salmonel, *E. coli* a enterokoků v povrchové a odpadní vodě. Jejich výsledky prokázaly výskyt AMR u 9,6 % izolátů salmonel, 6,5 % izolátů *E. coli* a 6,8 % izolátů enterokoků. U izolátů *E. coli* byla nejčastěji zjištěna AMR na tetracyklin a ampicilin. Podobné výsledky byly pozorovány i v rámci jiných prací, např. [21, 22]. V naší studii bylo detekováno 8 % (pro meropenem) až 55 % (pro gentamicin) kmenů s prokázanou rezistencí. Celkově pak 60 % všech kmenů vykazovalo rezistenci alespoň k jednomu ATB. Vzorky z odtoků ČOV obsahovaly významně vyšší podíl rezistentních kmenů, zejména na cefepim, nitrofurantoin a meropenem, což může být obávaným důsledkem vhodných podmínek k přenosu rezistence v technologiích ČOV. Vodnímu prostředí se nevyhýbá ani přítomnost multirezistentních kmenů. Ty byly izolovány převážně z povrchových vod pod zaústěním odpadních vod a v odtocích z ČOV. Potvrzuje se tedy předpoklad, že ČOV působí jako hot-spoty pro šíření AMR.

ESBL byla zjištěna u nadpoloviční většiny izolátů *E. coli*, s podílem až 3,6 % ze všech kmenů *E. coli* ve vzorku. Tyto nálezy nejsou výjimkou, byly potvrzeny např. i již výše uvedenými autory [20]. Rezistence k beta-laktamovým ATB, zejména prostřednictvím širokospektrých beta-laktamáz a karbapenemáz, narůstá a je významným celosvětovým problémem.

Stávající technologie čištění odpadních vod nejsou schopny dostatečně odstranit AMR. Řešením by mohlo být čištění odpadních vod přímo u zdroje (nemocnice, pečovatelské domy, domovy pro seniory, jatka, apod.), tedy dříve, než se znečištění dostane do ČOV (<https://www.niva.no/en/projects/hot-mats>). Pozornost je často cílena na testování pokročilých postupů (např. ozonace, využití UV), nano a ultrafiltraci, ale i přírodě blízká řešení (např. kořenové čistírny) [23–25].

Významným problémem se jeví také import rezistentních bakterií ze zemí třetího světa, který nežádoucím způsobem rozšiřuje spektrum rezistencí, s nimiž už humánní medicína neumí pracovat. V posledních letech směřuje stanovení AMR ve vodním prostředí k využití molekulárně-biologických metod založených na PCR. Existuje mnoho studií, které se zabývají stanovením ARG [26–28]. Pozornost je věnována ARG s běžným výskytem ve vodním prostředí, ale i těm, jež jsou velmi klinicky významné, jako např. geny kódující širokospektré beta-laktamázy či karbapenamázy [26, 28]. Oba zmiňované přístupy mají své výhody i nevýhody, ale za účelem získání co nejkomplexnějších informací je nejvhodnější oba přístupy zkombinovat [19].

V zahraničí je problematika AMR ve vodním prostředí dlouhodobě věnována velká pozornost, příkladem může být Francie se sítí AMR-Env (<https://amr-promise.fr/amr-env/>). V ČR aktivity v oblasti AMR donedávna směřovaly především do oblasti klinické a veterinární medicíny, životní prostředí bylo z velké části opomíjeno. Problematika AMR ve vodním prostředí se věnovalo několik výzkumných týmů, např. kolektiv z VŠCHT [29], Fakulty chemicko-technologické v Pardubicích [30], kolektiv doc. Dolejšké na Veterinární univerzitě Brno [31] a SZÚ (projekt EU-WISH). Naš tým ve VÚV TGM se věnuje studiu AMR ve vodním prostředí zejména v rámci projektů č. SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ a č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“. Dále je zapojen do několika iniciativ jako např. Eionet WG on AMR in surface waters, AMR One Health Network, CZEPAŘ či Centrální koordinační skupina Národního antibiotického programu.

ZÁVĚR

Naše studie měla za cíl prověřit výskyt AMR v různých typech vodního prostředí s ohledem na její možné zdroje, jimiž mohou být komunální ČOV. Rezistence byla stanovována pomocí diskové difuzní metody na izolátech *E. coli*, detekované standardně jako indikátor fekálního znečištění vod. Ve vzorcích byl zjišťován relativní podíl kmenů *E. coli* s prokázanou rezistencí na některé z osmi ATB, zařazených do sedmi skupin. Vzorky odebrané v průběhu let 2022–2024

byly hodnoceny v rámci pěti kategorií odlišně znečištěných povrchových a odpadních vod.

E. coli s prokázanou rezistencí byla stanovena téměř ve 100 % testovaných vzorků s výjimkou rezistence na nitrofurantoin a meropenem ve vzorcích kategorie NAD. Nejvyšší podíly rezistentních *E. coli* byly zjištěny pro gentamicin, a to ve všech kategoriích.

Nejvíce AMR pozitivních kmenů i vzorků bylo detekováno na odtocích z ČOV, současně s významným navýšením počtu při porovnání se vzorky surových odpadních vod na přítocích do ČOV. Příčinou může být obávaný přenos rezistence mezi bakteriálními kmeny v podmínkách ČOV. Pozitivní nálezy AMR byly rovněž ve vzorcích z velkých vodních toků nad zaústěním ČOV, přičemž pod zaústěním ČOV došlo k poměrně značnému navýšení výskytu rezistentních *E. coli*, což potvrzuje předpoklad, že čištěné odpadní vody z ČOV jsou zdrojem AMR ve vodních tocích. Na střední úrovni zatížení AMR byla kategorie vzorků z menších přítoků Vltavy, na nichž jsou situovány ČOV, což ukazuje, že i těmto menším vodním tokům je třeba věnovat pozornost. Alarmující je prokázaný výskyt multirezistentních kmenů v odtocích z ČOV a pod jejich zaústěním do vodních toků, současně s výskytem *E. coli* produkujících širokospektré beta-laktamázy.

Naše studie prokázala, že problematika AMR v životním prostředí, jež byla dosud nejen v ČR opomíjena, je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Předložená studie ukázala na stěžejních kategoriích vzorků vod v ČR téměř 100% míru výskytu bakterií *E. coli* rezistentních na alespoň jedno z testovaných ATB, včetně rezistence k cefalosporinům 4. generace. Záchyty vysokých počtů rezistentních či multirezistentních kmenů *E. coli* v čištěných odpadních vodách a pod jejich zaústěním ukazují na významnost vodního prostředí při šíření AMR a nutnost jeho detailního studia při snahách o snížení aktuálních zdravotních hrozeb představovaných antibiotickou rezistencí v ČR i ve světě.

Poděkování

Práce vznikla za podpory institucionálních prostředků MŽP a projektů č. SS02030008 „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost“ a č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu“ Technologické agentury ČR. Autoři děkují provozovatelům ČOV za vstřícnou spolupráci při poskytování vzorků odpadních vod.

Literatura

- [1] European Centre for Disease Prevention and Control. *Assessing the Health Burden of Infections with Antibiotic-Resistant Bacteria in the EU/EEA, 2016–2020*. Stockholm: ECDC, 2022. Dostupné z: <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Health-burden-infections-antibiotic-resistant-bacteria.pdf>
- [2] Státní zdravotní ústav. *Antibiotická rezistence*. 2024. Dostupné z: <https://www.antibiotickarezistence.cz/>
- [3] European Commission. *HERA Factsheet – HEALTH UNION: Identifying Top 3 Priority Health Threats*. 2022. Dostupné z: https://health.ec.europa.eu/document/download/18c127ce-da4b-4e4e-a27c-f7b93efb2980_en?filename=hera_factsheet_health-threat_mcm.pdf&prefLang=cs
- [4] Doporučení Rady o posílení opatření EU pro boj proti antimikrobiální rezistenci v rámci přístupu „One Health“ (2023/C 220/01/COM/2023/191). In: *Úřední věstník Evropské unie*. C 220, 22. 6. 2023. ISSN 1977-0626. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023H0622\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023H0622(01))
- [5] ADLER, N., BALZER, F., BLONDIK, K., BRAUER, F., CHORUS, I., EBERT, I., FIEDLER, T., GRUMMT, T., HEIDEMEIER, J., HEIN, A., HELMECKE, M., HILLIGES, F., KIRST, I., KLASSEN, J., KONRADI, S., KRAUSE, B., KÜSTER, A., OTTO, C., PIRNTKE, U., ROSKOSCH, A., SCHÖNFELD, J., SELINKA, H.-C., SZEWCZYK, R., WESTPHAL-SETTELE, K., STRAFF, W. *Antibiotics and Antibiotic Resistances in the Environment. Background, Challenges and Options for Action*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, 2018, 44 s. Dostupné z: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/antibiotics-antibiotic-resistances-in-the>
- [6] FINLEY, R. L., COLLIGNON, P., LARSSON, D. G. J., MCEWEN, S. A., LI, X.-Z., GAZE, W. H., REID-SMITH, R., TIMINOUNI, M., GRAHAM, D. W., TOPP, E. The Scourge of Antibiotic Resistance: The Important Role of the Environment. *Clinical Infectious Diseases*. 2013, 57, s. 704–710. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/cid/cit355>

[7] UN Environment. *Frontiers 2017, Emerging Issues of Environmental Concern. United Nations Environment Programme*. Nairobi, 2017. Dostupné z: <https://www.unep.org/resources/frontiers-2017-emerging-issues-environmental-concern>

[8] KUSI, J., OJEWOLE, C. O., OJEWOLE, A. E., NWI-MOZU, I. Antimicrobial Resistance Development Pathways in Surface Waters and Public Health Implications. *Antibiotics*. 2022, 11, 821. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antibiotics11060821>

[9] ČSN 75 7835. *Jakost vod – Stanovení termotolerantních koliformních bakterií a Escherichia coli*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.

[10] The European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. *Breakpoint tables for Interpretation of MICs and Zone Diameters. Version 14.0*, 2024. Dostupné z: https://www.eucast.org/clinical_breakpoints

[11] World Health Organization. *WHO Integrated Global Surveillance on ESBL-Producing E. coli Using a "One Health" Approach: Implementation and Opportunities*. Geneva: WHO, 2021. Dostupné z: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/340079/9789240021402-eng.pdf?sequence=1>

[12] HONDA, R., TACHI, C., NOGUCHI, M., YAMAMOTO-IKEMOTO, R., WATANABE, T. Fate and Seasonal Change of *Escherichia coli* Resistant to Different Antibiotic Classes at Each Stage of Conventional Activated Sludge Process. *Journal of Water and Health*. 2020, 18, s. 879–889. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/wh.2020.013>

[13] MARANO, R. B. M. et al. A Global Multinational Survey of Cefotaxime-Resistant Coliforms in Urban Wastewater Treatment Plants. *Environment International*. 2020, 144, 106035. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106035>

[14] EDSON, R. S., TERRELL, C. L. The Aminoglycosides. *Mayo Clinic Proceedings*. 1999, 74, s. 519–528. Dostupné z: <https://doi.org/10.4065/74.5.519>

[15] WRIGHT, G. D. Bacterial Resistance to Aminoglycoside Antibiotics. *Trends in Microbiology*. 1997, 5, s. 234–240. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/s0966-842x\(97\)01033-0](https://doi.org/10.1016/s0966-842x(97)01033-0)

[16] FALAGAS, M. E., VOULOUMANOU, E. K., SAMONIS, G., VARDAKAS, K. Z. Fosfomycin. *Clinical Microbiology Review*. 2016, 29, s. 321–347. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/cmr.00068-15>

[17] MELETIS, G. Carbapenem Resistance: Overview of the Problem and Future Perspectives. *Therapeutic Advances in Infection*. 2016, 3, s. 15–21. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/2049936115621709>

[18] ŠMÍDA, A., ZVĚŘINOVÁ MLEJNKOVÁ, H., SOVOVÁ, K. Pilotní monitoring antibiotické rezistence u *Escherichia coli* ve Vltavě pod Prahou. In: ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J., PETRÁKOVÁ KÁNSKÁ, K. (eds.). *Vodárenská biologie 2024*. Praha, Česká republika, 2024, s. 158.

[19] MANAIA, C. M. Framework for Establishing Regulatory Guidelines to Control Antibiotic Resistance in Treated Effluents. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2023, 53, s. 754–779. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2085956>

[20] CHO, S., HIOTT, L. M., READ, Q. D., DAMASHEK, J., WESTRICH, J., EDWARDS, M., SEIM, R. F., GLINSKI, D. A., BATEMAN MCDONALD, J. M., OTTESEN, E. A., LIPP, E. K., HENDERSON, W. M., JACKSON, C. R., FRYE, J. G. Distribution of Antibiotic Resistance in a Mixed-Use Watershed and the Impact of Wastewater Treatment Plants on Antibiotic Resistance in Surface Water. *Antibiotics*. 2023, 12, 1586. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111586>

[21] BURIÁNKOVÁ, I., KUČHTA, P., MOLÍKOVÁ, A., SOVOVÁ, K., VÝRAVSKÝ, D., RULÍK, M., NOVÁK, D., LOCHMAN, J., VÍTĚZOVÁ, M. Antibiotic Resistance in Wastewater and Its Impact on a Receiving River: A Case Study of WWTP Brno-Modřice, Czech Republic. *Water*. 2021, 13, 2309. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w13162309>

[22] LAMONTAGNE, C. D., CHRISTENSON, E. C., ROGERS, A. T., JACOB, M. E., STEWART, J. R. Relating Antimicrobial Resistance and Virulence in Surface-Water *E. coli*. *Microorganisms*. 2023, 11, 2647. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/microorganisms11112647>

[23] GUERRA-RODRÍGUEZ, S., ABELEDO-LAMEIRO, M. J., POLO-LÓPEZ, M. I., PLAZA-BOLAÑOS, P., AGÜERA, A., RODRÍGUEZ, E., RODRÍGUEZ-CHUECA, J. Pilot-Scale Sulfate Radical-Based Advanced Oxidation for Wastewater Reuse: Simultaneous Disinfection, Removal of Contaminants of Emerging Concern, and Antibiotic Resistance Genes. *Chemical Engineering Journal*. 2023, 477, 146916. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.146916>

[24] LI, J., QIU, X., REN, S., LIU, H., ZHAO, S., TONG, Z., WANG, Y. High Performance Electroactive Ultrafiltration Membrane for Antibiotic Resistance Removal from Wastewater Effluent. *Journal of Membrane Science*. 2023, 672, 121429. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2023.121429>

[25] PASTOR-LOPEZ, E. J., CASAS, M. E., HELLMAN, D., MÜLLER, J. A., MATAMOROS, V. Nature-Based Solutions for Antibiotics and Antimicrobial Resistance Removal in Tertiary Wastewater Treatment: Microbiological Composition and Risk Assessment. *Water Research*. 2024, 261, 122038. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122038>

[26] KEENUM, I., LIGUORI, K., CALARCO, J., DAVIS, B. C., MILLIGAN, E., HARWOOD, V. J., PRUDEN, A. A Framework for Standardized qPCR-Targets and Protocols for Quantifying Antibiotic Resistance in Surface Water, Recycled Water and Wastewater. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2022, 52, s. 4 395–4 419. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10643389.2021.2024739>

[27] LUND, M., PETERSEN, M. B., JØRGENSEN, A. L., PAULMANN, D., WANG, M. Rapid Real-Time PCR for the Detection of IMP, NDM, VIM, KPC and OXA-48 Carbapenemase Genes in Isolates and Spiked Stool Samples. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*. 2018, 92, s. 8–12. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2018.04.002>

[28] SUBIRATS, J., ROYO, E., BALCÁZAR, J. L., BORREGO, C. M. Real-Time PCR Assays for the Detection and Quantification of Carbapenemase Genes (bla KPC, bla NDM, and bla OXA-48) in Environmental Samples. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017, 24, s. 6 710–6 714. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8426-6>

[29] MIŁOBEDZKA, A., FERREIRA, C., VAZ-MOREIRA, I., CALDERÓN-FRANCO, D., GORECKI, A., PURKROTOVA, S., BARTACEK, J., DZIEWIT, L., SINGLETON, C. M., NIELSEN, P. H., WEISSBRODT, D. G., MANAIA, C. M. Monitoring Antibiotic Resistance Genes in Wastewater Environments: The Challenges of Filling a Gap in the One-Health Cycle. *Journal of Hazardous Materials*. 2022, 424, 127407. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127407>

[30] ROULOVÁ, N., MOT'KOVÁ, P., BROŽKOVÁ, I., PEJCHALOVÁ, M. Antibiotic Resistance of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated from Hospital Wastewater in the Czech Republic. *Journal of Water and Health*. 2022, 20, s. 692–701. Dostupné z: <https://doi.org/10.2166/wh.2022.101>

[31] DOLEJSKA, M., LITERAK, I. Wildlife Is Overlooked in the Epidemiology of Medically Important Antibiotic-Resistant Bacteria. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. 2019, 63. Dostupné z: <https://doi.org/10.1128/aac.01167-19>

Autoři

RNDr. Hana Zvěřinová Mlejnková, Ph.D.¹

✉ hana.mlejnkova@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-3892-6226

Mgr. Kateřina Sovová, Ph.D.²

✉ katerina.sovova@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-2067-7081

Mgr. Štěpánka Šabacká¹

✉ stepanka.sabacka@vuv.cz
ORCID: 0009-0005-9032-7369

Mgr. Adam Šmída¹

✉ adam.smida@gmail.com
ORCID: 0009-0008-8187-6966

¹Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)
²Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Brno (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.09.004

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat
za podmínek licence CC BY-NC 4.0

THE ISSUE OF ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN THE AQUATIC ENVIRONMENT OF THE CZECH REPUBLIC

ZVĚŘINOVÁ MLEJNKOVÁ, H.¹; SOVOVÁ, K.²;
ŠABACKÁ, Š.¹; ŠMÍDA, A.¹

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

²T. G. Masaryk Water Research Institute, Brno (Czech Republic)

Keywords: antimicrobial resistance — surface and wastewater —
disc diffusion method — multiresistance — antibiotics — ESBL

Antimicrobial resistance (AMR) has emerged as a high priority global problem in recent decades. Its severity lies in the critically increasing number of pathogenic bacteria that carry resistance genes to previously common antibiotics, making them a health threat. The emergence of resistance is a consequence of the long-term misuse of antibiotics in human medicine and veterinary praxis (with the most significant contribution from developing countries). In 2017, the UN warned that the issue is not limited to these areas and that the environment can also be a significant reservoir and vector for the spread of AMR. The issue has been included in the „One Health“ initiative, which is based on a collaborative approach to combat AMR across the health, agriculture and environment sectors. AMR enters the aquatic environment in the form of resistant bacterial strains (ARB) or resistance genes (ARG) shed by patients through municipal wastewater treatment plants (WWTPs), runoff or agricultural wastes.

In our study, screening for the occurrence of antibiotic resistance to selected antibiotics (cefuroxime, cefotaxime, cefepime, gentamicine, sulphamethoxazole/trimethoprim, fosfomycin, nitrofurantoin and meropenem) in indicator bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) isolated from surface water and wastewater in influent and effluent of a wastewater treatment plant was performed. A culture disc diffusion method was used to detect resistance. *E. coli* with proven resistance was detected in almost 100 % of the samples tested, with the exception of resistance to nitrofurantoin and meropenem in samples of the category above the WWTP outflow. The highest proportions of resistant *E. coli* were found for gentamicin in all categories. Multi-resistant strains and strains producing broad-spectrum beta-lactamases (ESBLs) were also observed.

The detection of high numbers of resistant or multidrug-resistant *E. coli* strains in and downstream of treated effluents indicates the importance of the aquatic environment in the spread of AMR, which may be a consequence of the suggested transfer of resistance between bacterial strains in WWTP. The screening findings point to the need for detailed study of AMR in the environment, which is essential for success in efforts to reduce the current health threats posed by antibiotic resistance in the CR and worldwide.



Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě

LUCIE JAŠÍKOVÁ, HANA PRCHALOVÁ, ZBYNĚK HRKAL, PETR VYSKOČ, HANA NOVÁKOVÁ, SILVIE SEMERÁDOVÁ, JIŘÍ DLABAL, TOMÁŠ FOJTÍK, ALEŠ ZBOŘIL, VÁCLAVA MAŠAŠOVSKÁ, JIŘÍ PICEK

Klíčová slova: kvalita vody — kategorie odběru — povodí odběru — riziková analýza — surová voda — vodárenství a ochrana vody

ABSTRAKT

V prosinci 2020 byla vydána nová evropská směrnice EU 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě. Tato směrnice klade velký důraz na komplexní ochranu pitné vody a zavádí oproti původní směrnici z roku 1998 povinnost vypracovat posouzení a řízení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě. Rizikové analýzy částí povodí se musejí vypracovat pro všechny odběry vody určené pro pitné účely, při nichž se odebírá více než 10 m³ surové vody za den. V České republice se to týká přibližně 3 650 odběrů (z toho asi 3 500 odběrů podzemní vody a asi 150 odběrů povrchové vody). V celorepublikovém měřítku jde tedy o značné množství rizikových analýz částí povodí, jež podle výše zmíněné směrnice musejí být zpracovány do roku 2027. Hlavním cílem projektu „Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě“ (podpořeného TA ČR) je vytvoření metodiky pro vypracování těchto rizikových analýz částí povodí. Aby rizikové analýzy částí povodí, které budou zpracovávány různými subjekty, měly jednotnou formu a strukturu, byl v rámci metodiky vytvořen formulář (maketa), jak by měly rizikové analýzy částí povodí vypadat a co by měly obsahovat. Jelikož jde o velmi komplexní problematiku, bude v tomto článku představena jen hlavní kostra metodiky se zaměřením na základní charakteristiky odběru a stanovení území (povodí odběru), v němž se určují rizikové aktivity pro jakost odebírané surové vody.

ÚVOD

Ochrana vodních zdrojů je klíčová pro dosažení dobrého stavu vod a zároveň zajištění dostatečného množství kvalitní pitné vody pro lidskou spotřebu. Tuto skutečnost si uvědomuje i Evropská unie, jež v roce 2020 vydala novou evropskou směrnici EU 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě [1]. Jednou z podstatných změn oproti původní směrnici z roku 1998 [2] je článek 8, který se zabývá posouzením a řízením rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě. Na tuto rizikovou analýzu by poté měly navazovat rizikové analýzy systému zásobování vodou zpracovávané podle článku 9 směrnice EU 2020/2184 [1].

Evropská směrnice o jakosti pitné vody [1] popisuje pouze základní body a cíle rizikové analýzy částí povodí. Každý členský stát si měl do roku 2023 transponovat požadavky nové směrnice do své legislativy podle národních specifik. V České republice (ČR) se resorty dohodly, že tyto rizikové analýzy budou

součástí dílčích plánů povodí, a tudíž povinnost je zpracovat budou mít – podle přílohy č. 3 k vyhlášce č. 50/2023 Sb. [3] – státní podniky Povodí. Na Slovensku oproti tomu bude všechny rizikové analýzy částí povodí vypracovávat Výskumný ústav vodného hospodárstva [4].

Hlavním smyslem vypracování rizikových analýz částí povodí je komplexní ochrana vodních zdrojů v přirozeném prostředí, tedy předtím, než bude voda odebrána. Důležitá je identifikace potenciálních rizik v částech povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě. Díky této identifikaci mohou být následně navržena cílená opatření pro minimalizaci těchto rizik. Dalšími cíli je zajištění náležitých monitorování relevantních ukazatelů v surové vodě a posouzení potřeby zřídit nová nebo přizpůsobit stávající ochranná pásma vodních zdrojů.

Cílem řešeného projektu TA ČR č. SS05010210 „Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě“ je vytvoření metodického postupu pro vypracování rizikové analýzy částí povodí.

METODIKA

Rizikové analýzy částí povodí se budou vypracovávat pro všechny odběry v databázi *Surová voda* [5], u nichž bylo vykázano alespoň jedno monitorování ukazatelů v surové vodě v období 2019–2023. Databáze *Surová voda* [5] slouží pro ukládání a správu dat jakosti surové vody v rozsahu úplných a krácených rozborů dle požadavků vyhlášky č. 428/2001 Sb. [6], ve znění pozdějších předpisů. Přístup do systému (<https://surovavoda.chmi.cz>) mají orgány státní správy, hygienická služba, správci povodí, provozovatelé vodárenské infrastruktury a laboratoře pověřené těmito provozovateli pro ukládání výsledků laboratorních analýz do tohoto systému.

Toto časové rozmezí bylo vybráno, protože údaje v databázi *Surová voda* [5] starší než z roku 2019 vykazují větší chybovost. Zároveň bude konečným rokem rok 2023, jelikož novější data nejspíše nebudou dostupná při zpracování prvních rizikových analýz částí povodí. Rizikové analýzy částí povodí se podle EU směrnice 2020/2184 [1] sice musejí vypracovat nejpozději do 12. července 2027, ale vzhledem k tomu, že podle vyhlášky č. 50/2023 Sb. [3] budou rizikové analýzy součástí dílčích plánů povodí, je nutné je zpracovat už mezi roky 2025 a 2026.

Rizikové analýzy částí povodí se podle EU směrnice 2020/2184 [1] mají pravidelně přezkoumávat nejméně jednou za šest let a v případě potřeby následně aktualizovat. Další přezkoumání bude tedy nejpozději v roce 2032.

Pro jednotné vypracování rizikových analýz částí povodí byl vytvořen formulář (maketa), popisující, jak by měly takové analýzy vypadat a co by měly obsahovat. Byly vytvořeny dva typy formulářů, jeden pro odběr podzemní vody a jeden pro odběr povrchové vody. Tyto formuláře budou závazné pro vypracování rizikových analýz částí povodí a jsou rozděleny do pěti kapitol:

1. Základní charakteristiky odběru
2. Charakterizace částí povodí souvisejících s místem odběru
3. Identifikace potenciálních rizik v částech povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě
4. Posouzení náležitosti monitorování relevantních ukazatelů v surové vodě a ověření potenciálních rizik
5. Závěr

Detailněji budou v následujícím textu probrány základní charakteristiky odběru a stanovení území (povodí odběru), ve kterém se hodnotí rizikové aktivity pro jakost odebírané surové vody.

Základní charakteristiky odběru

Kapitola Základní charakteristiky odběru obsahuje nejdůležitější údaje o odběru. Základním identifikátorem odběru je identifikační číslo odběru z databáze *Surová voda* [5]. Jde o jedinečné osmimístné číslo. Mezi základní charakteristiky dále patří název odběru, počet analyzovaných objektů, údaj, jde-li o směs z více zdrojů surové vody, typ odběru, počet a typy odebíraných objektů, kategorie úpravy, identifikace správce povodí a provozovatele odběru, velikost odběru a kategorie velikosti odběru.

Jednou z nejdůležitějších základních charakteristik je lokalizace odběru. Lokalizace odběru se uvádí v souřadnicích S-JTSK. Vycházet by se mělo jak ze souřadnic uvedených v databázi *Surová voda* [5], tak i ze souřadnic z databáze *Evidence uživatelů vody* (EvUživ) [7] a ze souřadnic 1. stupně ochranného pásma vodních zdrojů (OPVZ) [8]. Pokud se lokalizace podle uvedených zdrojů významněji liší, měla by být uvedena vždy lokalizace jak podle databáze *Surová voda* [5], tak podle evidence EvUživ [7], ale primárně by měl platit údaj o umístění v příslušném OPVZ [8]. Zároveň by se měla případná nesrovnalost komentovat. Jestliže nelze najít k odběru, u něhož je lokalizace v databázi *Surová voda* [5] významně odlišná od lokalizace v EvUživ [7], OPVZ [8], nelze bez informace od dodavatele vody skutečné umístění identifikovat.

Charakterizace částí povodí souvisejících s místem odběru

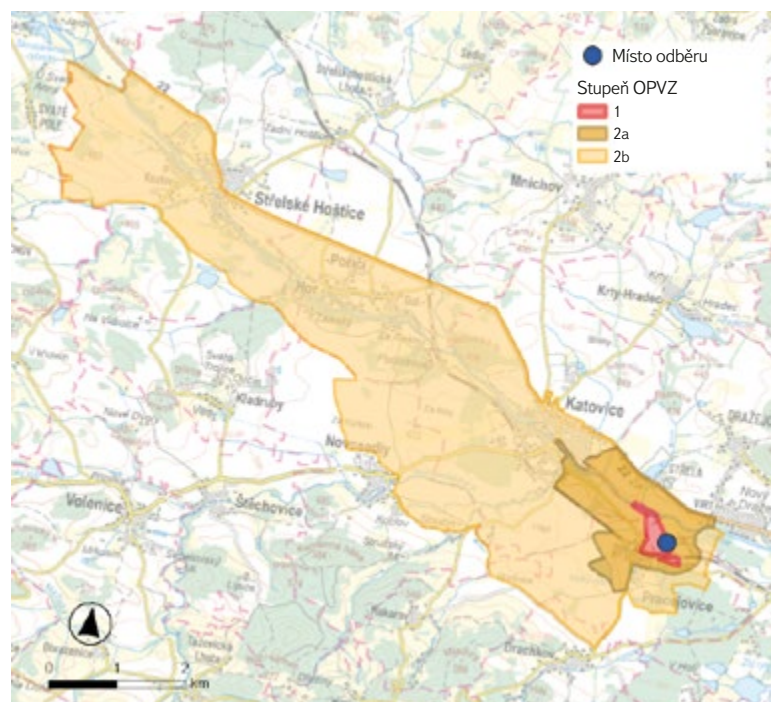
Druhou kapitolou ve formuláři pro zpracování rizikové analýzy částí povodí je Charakterizace částí povodí souvisejících s místem odběru. Mezi základní charakteristiky pro odběry povrchových vod patří údaje o hydrologickém povodí IV. řádu, útvaru povrchových vod, názvu vodního toku, říčním kilometru a pro odběry podzemních vod údaje o hydrologickém povodí IV. řádu, útvaru podzemních vod a hydrogeologickém rajonu.

K dalším důležitým charakteristikám částí povodí patří informace o ochranném pásmu vodních zdrojů pro daný odběr. OPVZ jsou každoročně aktualizována v evidenci OPVZ, kam jsou připojeny dokumenty stanovující OPVZ (rozhodnutí/opatření obecné povahy). Ke každému OPVZ jsou připojeny atributní informace (datum stanovení, údaj, číslo jednací, obec, kraj, typ zdroje a další) [8]. V této databázi, kterou má

v gesci Ministerstvo životního prostředí a aktualizuje ji VÚVTGM, jsou všechna OPVZ, k nimž byly nalezeny dokumenty o jejich stanovení a které jsou evidovány v databázi *Centrální registr vodoprávní evidence* (CRVE) [9]. Pokud k OPVZ není pro daný odběr dokument stanovující OPVZ, považuje se za neexistující. Nicméně je nezbytné tuto informaci ověřit u místně příslušného vodoprávního úřadu (VPÚ). Může se stát, že VPÚ či uživatel vodního zdroje vymezující dokument nepředal do evidence OPVZ.

Dále musí být pro každý odběr provedeno jeho zařazení do příslušné kategorie odběru. Odběry jsou rozděleny nejprve na odběry podzemní a povrchové vody. Formuláře rizikových analýz částí povodí se liší pro tyto dva typy odběrů a samozřejmě i některé atributy jsou specifické a stanovují se jen pro určitý typ odběru. Odběry povrchové vody pak dále dělíme na odběry z nádrže, odběry z vodního toku a jiné (např. odběry z písníku). Kategorizace odběrů podzemních vod je složitější a je založena na rozdělení odběrů z podzemních vod do skupin podle přírodních charakteristik jímané vody, zaměřených na hydrogeologické struktury, které jsou specifické svým časově-prostorovým režimem proudění vody. Na základě tohoto kritéria jsou odběry podzemní vody rozděleny do tří základních skupin na odběry z hlubokých struktur, odběry z fluvialního kvartéru a odběry z připovrchové zóny. Do odběrů z hlubokých struktur patří odběry podzemní vody z křídových a terciérních pánví, odběry z krasu a odběry z glaciálních kvartérů. Do odběrů z fluvialního kvartéru náleží odběry podzemní vody z kvartérních útvarů podzemních vod a také odběry z niv. Poslední skupinou jsou odběry z připovrchové zóny, kam patří všechny ostatní odběry. Jde především o odběry z krystalinika a podobných geologických formací.

Dalším důležitým krokem rizikové analýzy částí povodí je určení povodí odběru. Vymezení plochy povodí odběru je v obecné rovině jedním z klíčových kroků rizikové analýzy. Jedná se totiž o území, v němž mohou rizikové aktivity potenciálně nebo reálně ovlivňovat jakost odebírané vody. Jinými slovy, stanovuje část území, na kterém proběhne riziková analýza částí povodí. I když by zpracovatelé rizikových analýz částí povodí měli primárně vycházet z vymezení OPVZ, nejdříve musejí zjistit, zda OPVZ odpovídá alespoň přibližně povodí odběru. Povodí odběru by mělo být specificky určeno podle kategorie odběru.



Obr. 1. Ochranná pásma vodního zdroje TS STRAKONICE Pracejovice
(ID *Surová voda*: 11701200)

Fig. 1. TS STRAKONICE Pracejovice protection zones for vulnerable water resources
(ID *Surová voda*: 11701200)

VÝSLEDKY A DISKUZE

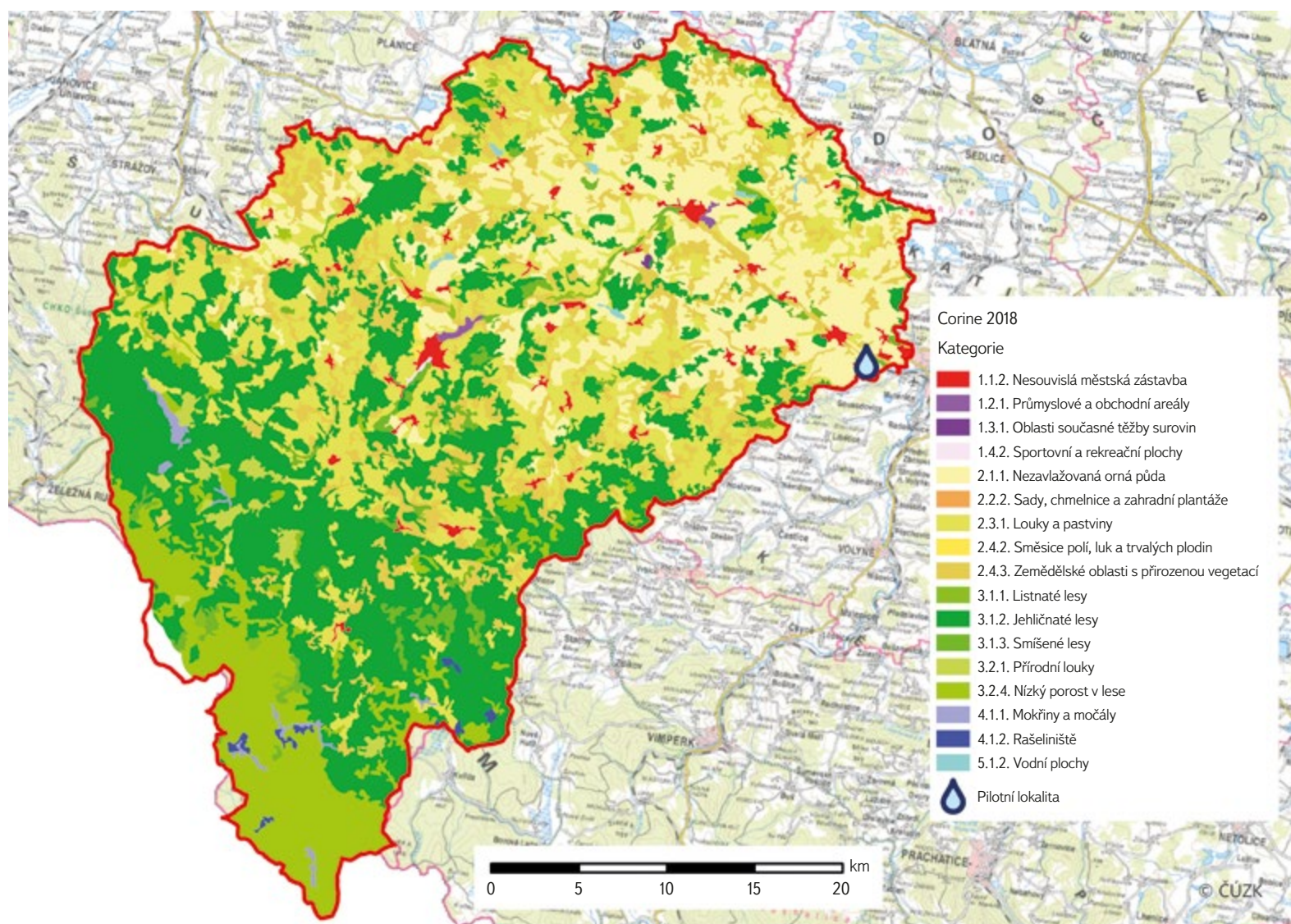
Na konkrétních příkladech odběrů bude dále představeno, jak by mělo být provedeno stanovení povodí odběru pro různé kategorie odběrů.

Povodí odběru je pro odběry povrchové vody dáno všemi hydrologickými povodími IV. řádu nacházejícími se nad místem odběru. Nicméně je vždy důležité přihlídnout ke specifikům daného odběru a na základě odborného posouzení je možné v případě velmi rozlehlého povodí odběru toto území zmenšit, např. na základě informací o využití území, potenciálních zdrojů znečištění a vzdálenosti od odběru. K odběrům podzemních vod z fluvialních kvartérů přistupujeme podobně jako k odběrům z povrchových vod, neboť pro ně platí, že kromě přitékající podzemní vody jímají zároveň větší či menší množství povrchové vody z vodního toku. Podíl jímané povrchové vody se bude lišit na základě hydrologické situace (při vyšších stavech povrchové vody může docházet k dotaci podzemních vod vodou z vodního toku) a podle množství jímané vody (pokud se jímá více vody, než činí přítok podzemní vody, dochází k infiltraci povrchové vody). Protože u jednotlivých odběrů nelze jednoduše zjistit, jaká část jímané vody je z podzemních a jaká z povrchových vod, je lépe se všemi zacházet, jako kdyby se jednalo o odběr povrchové vody, a to z toho

důvodu, že povrchová voda je zpravidla zranitelnější vůči antropogennímu znečištění. Povodí odběru pro odběry podzemní vody z fluvialního kvartéru je tedy stejně jako pro odběry povrchové vody dáno všemi hydrologickými povodími IV. řádu nad místem odběru. I v tomto případě je možné velmi rozlehlé území zmenšit na základě specifik daného odběru a odborného posouzení obdobně jako v případě odběrů povrchových vod. Příkladem takového odběru je odběr podzemní vody TS STRAKONICE Pracejovice (ID *Surová voda*: 11701200). Jde o odběr v hydrogeologickém rajonu kvartéru Otavy a Blanice v blízkosti řeky Otavy. Odběr má stanoveno OPVZ 1. i 2. stupně (obr. 1).

V případě stanovení povodí odběru pro tento odběr by měla být vzata v úvahu všechna hydrologická povodí IV. řádu řeky Otavy nad místem odběru. Zde jde o velmi rozsáhlé území. Nicméně s využitím dalších informací, např. z dat CORINE Land Cover 2018, je možné toto území zmenšit, jelikož na jihozápadě povodí odběru se nachází CHKO Šumava a Národní park Šumava, kde se nevy-skytují zásadní potenciální rizika, jako je např. orná půda nebo větší sídla (obr. 2).

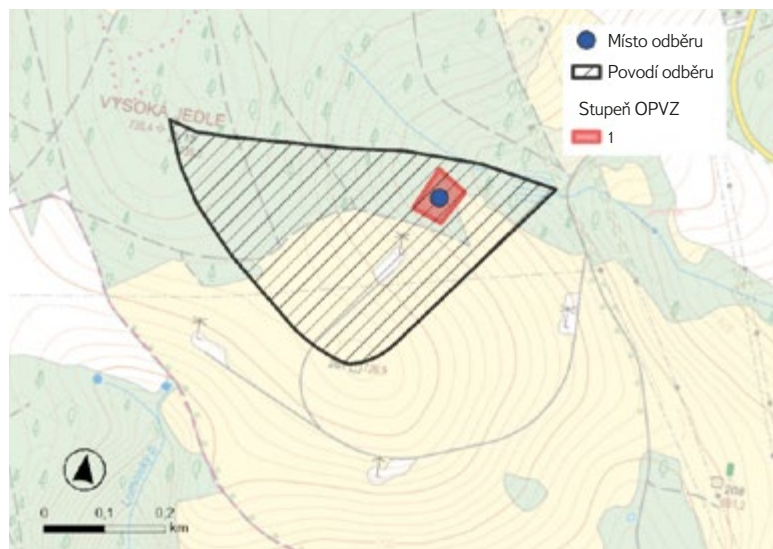
Vymezení povodí odběru u mělké přípoверхové zóny krystalinika, tvořícího cca ¾ území ČR, je relativně jednoduché. Jako první přiblížení je možné použít povodí IV. řádu, v němž se odběr nachází. Nicméně povodí odběru často nezahrnuje celé povodí, většinou je výrazně menší. Jednak se odběr málokdy



Obr. 2. Využití území na základě dat z CORINE Land Cover 2018 v povodí odběru TS STRAKONICE Pracejovice (ID *Surová voda*: 11701200)

Fig. 2. Land use based on CORINE Land Cover 2018 data in the catchment area of groundwater abstraction TS STRAKONICE Pracejovice (ID *Surová voda*: 11701200)

nachází v blízkosti závěrného profilu povodí IV. řádu, ale především se nevyskytuje v nivě řeky, neboť v takovém případě by patřil do fluvialního kvartéru. Povodí odběru lze odhadnout podle průběhu vrstevnic terénu – povodí začíná již pod odběrem (to proto, že při čerpání vzniká depresní kužel hladiny podzemní vody a podzemní voda je čerpána i pod odběrem) a dále je povodí vymezeno kolmicemi k vrstevnicím až k nejvyššímu bodu. Takovéto stanovení povodí odběru je vidět na příkladu odběru Dolní Nivy (ID *Surová voda*: 32207000), kde je vymezen pouze 1. stupeň OPVZ. Povodí odběru začíná cca 100 m pod místem odběru (což je pravděpodobně mnohem více, než kolik tvoří vzdálenost skutečného depresního kužele) a shora je definováno vrcholem Vysoké jedle (735,4 m n. m.) a kótou 207 (726,9 m n. m.) (obr. 3).



Obr. 3. Vymezené povodí odběru Dolní Nivy (ID *Surová voda*: 32207000)

Fig. 3. Catchment area of groundwater abstraction Dolní Nivy (ID *Surová voda*: 32207000)

Nejkomplikovanější stanovení povodí odběru je pro odběry podzemních vod z hlubokých struktur. Na území ČR jde o prostor permokarbonských pánví, České křídové pánve a obou jihočeských pánví, o výskyty terciéru, flyše a kulmu na Moravě a dále o Moravský kras. Pouhá geografická situace jímáního objektu v prostoru výskytu hluboké struktury však nutně nemusí znamenat, že hluboká struktura je skutečně využívána. V závislosti na hloubce jímáního objektu se můžeme setkat rovněž s případem, že mělký jímáního objekt využívá jen přípoверхovou zónu. Problém stanovení povodí odběru je nejobtížnější v pánevních strukturách, kde v krajní variantě může jímání podzemní voda pocházet až z několika kolektorů o vzájemně odlišném, plošně často velkém rozsahu. Tyto kolektory bývají navíc na určitých plochách překryty nebo vzájemně odděleny nepropustnou izolační vrstvou, která příslušné kolektory chrání před znečištěním z povrchu. Mechanická aplikace hydrologického povodí IV. řádu pro vymezení povodí odběru v prostředí přípoверхové zóny by proto ve většině případů podala zkreslený obraz.

Podle stupně prozkoumanosti daného hydrogeologického rajonu můžeme metodické postupy, jak stanovit povodí odběru pro odběry z hlubokých struktur, rozdělit do čtyř variant. Zde jsou uvedeny příklady stanovení povodí odběru podle těchto metodických postupů.

1) Stanovení povodí odběru hydrogeologem na základě podkladů hydraulického modelu

Naprostě ideálním a nejpresnější řešením je konzultace tohoto problému s hydrogeologem, jenž v daném regionu pracuje a zná infiltrační oblasti příslušného kolektoru. Pokud je v daném regionu k dispozici hydraulický model proudění podzemních vod, pak je možné s využitím nástrojů GIS vymezit infiltrační

prostor pro jednotlivé kolektory, použitý při sestavení geometrie modelu a při jeho kalibraci. Tyto údaje poměrně přesně definují prostředí, na které se má zaměřit riziková analýza.

Tento případ byl otestován u odběru ČEVAK Suchdol n/Lužnicí (ID *Surová voda*: 11300600). V této lokalitě se jedná o komplikovaný případ jímání klikovského souvrstí křídového stáří v Třeboňské pánvi. Jímáního objekt propojuje několik desítek písčitých kolektorů, jež jsou vzájemně odděleny jílovitými izolátory, případně písčitojílovitými poloizolátory. Povodí odběru bylo vymezeno na základě infiltrační oblasti použité u 3D hydraulického modelu firmy Progeo, s. r. o., která ve finálním tvaru zohlednila směr proudění podzemní vody v pánevním systému k místu odběru, viz obr. 4.



Obr. 4. Vymezení povodí odběru (fialově označené území)

ČEVAK Suchdol n/Lužnicí (ID *Surová voda*: 11300600) na základě podkladů hydraulického modelu firmy Progeo, s. r. o., a jeho zařazení do širšího kontextu příslušného hydrogeologického rajonu Třeboňská pánev – jižní část (modře vysvěcené území)

Fig. 4. Catchment area (purple marked area) of groundwater abstraction ČEVAK Suchdol n/Lužnicí (ID *Surová voda*: 11300600) on the basis of the Progeo, s. r. o., hydraulic model and its inclusion in the broader context of the relevant hydrogeological region Třeboňská pánev – jižní část (blue highlighted area)

2) Stanovení povodí odběru na základě podkladů z projektu „Rebilance zásob podzemních vod“

Konzultace s hydrogeologem nemusí být z nejrůznějších důvodů vždy možná. Proto se nabízejí dvě náhradní varianty, jež s sebou pochopitelně přinášejí nebezpečí schematizace, a tudíž i možnost zanesení nepřesností. První možnost, poskytující stále ještě poměrně vysoký stupeň věrohodnosti, je využití informací z projektu „Rebilance zásob podzemních vod“ [10], realizovaného Českou geologickou službou. Ten pokrývá většinu významných pánevních struktur.

Příkladem odběru, kde je možné využít informace z projektu „Rebilance zásob podzemních vod“, je odběr SČVK Dubnice pod Ralskem (ID *Surová voda*: 33045800), který leží v hydrogeologickém rajonu 4640 – Křída horní Ploučnice. Podle rozhodnutí Okresního úřadu Česká Lípa, referátu životního prostředí z roku 1997, má tento odběr vymezen pouze 1. stupeň OPVZ o rozměrech 20 × 20 metrů. Z databáze geologicky dokumentovaných objektů, jež je přístupná pomocí mapové aplikace *Vrtná prozkoumanost* [11] a kterou vede a spravuje Česká geologická služba, vyplývá, že odběr SČVK Dubnice pod Ralskem (ID *Surová voda*: 33045800) je hluboký 400 metrů a jímá coniacský kolektor. Je tedy evidentní, že jde o jímáního objekt hlubokého oběhu, bez vlivu přípoверхové zóny. Takto hluboký hydrogeologický vrt má vždy technicky

odtěsněnou svrchní zónu. Při vymezení povodí odběru je tedy možné využít informace ze závěrečné zprávy projektu „*Rebilance zásob podzemních vod*“ pro hydrogeologický rajon 4640 – Křída horní Ploučnice [12]. Z této zprávy vyplývá, že na území rajonu se vyskytují tři významné hydrogeologické kolektory v různých hloubkových úrovních: kolektor A (perucké a korycanské souvrství cenomanského stáří), nad ním kolektor BC (bělohorské a jizerské souvrství stáří spodní až svrchní turon) a v části rajonu kolektory D (teplické a březenské souvrství stáří svrchní turon až coniak). Odběr SČVK Dubnice pod Ralskem (ID *Surová voda*: 33045800) jímá nej-svrchnější kolektor D, který je vyvinut v severozápadní části rajonu v podobě několika víceméně samostatných těles. Báze kolektoru D obecně klesá od severu k jihu a je často přerušena vertikálními tektonickými posuny. Z kapitoly vymezení infiltračních území vyplývá, že výskyty kolektoru D jsou rozčleněny erozními údolími na několik bilančně samostatných zvodněných subsystémů s infiltrací v plochách jejich výskytu a s drenáží podzemní vody do okolních vodních toků – zejména do Ploučnice s jejími přítoky. Hladina je většinou volná. Kolektor D je napájen srážkovou infiltrací v celé ploše výskytu kromě oblastí pokrytých sprašemi, kde je infiltrace značně omezená. Na základě uvedených poznatků lze konstatovat, že povodí odběru pro odběr SČVK Dubnice pod Ralskem (ID *Surová voda*: 33045800) bude vymezeno povodím Dubnického a Ještědského potoka. Je zřejmé, že jakost odebírané vody nebude ve skutečnosti ovlivňovat celá vymezená plocha. Omezující roli budou hrát izolační plochy tvořené sprašemi a dále tektonika zasahující do směru odvodňování. Nicméně zahrnutí celého povodí Dubnického a Ještědského potoka je optimálním kompromisem na straně rizika předběžné opatrnosti.

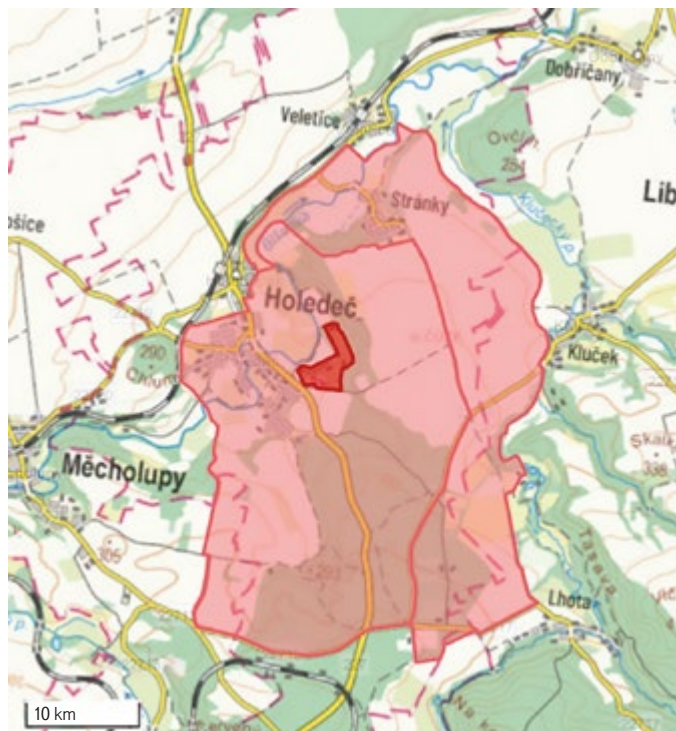
3) Stanovení povodí odběru v prostředí, které není pokryto projektem „*Rebilance zásob podzemních vod*“, ale má vymezené věrohodné ochranné pásmo vodního zdroje 2. stupně

Tento způsob stanovení povodí odběru je zatížen větším stupněm nejistoty a je také časově náročnější. Příkladem je stanovení povodí odběru pro odběr SČVK Holedeč vrtý (ID *Surová voda*: 33070200). O tomto zdroji nejsou k dispozici informace o jeho technických parametrech. Jako pomůcka může posloužit pouze rozhodnutí referátu životního prostředí Okresního úřadu v Lounech z roku 1991, jež stanovuje 1. i 2. stupeň OPVZ. V tomto rozhodnutí se hovoří o 11 jímácích objektech, ovšem bez uvedení jejich názvů, podle kterých by byla možná jejich bližší identifikace, resp. ztotožnění s vrtými v mapové aplikaci *Vrtná prozkoumanost* [11]. Proto bylo nutné přistoupit k jinému postupu. Dá se předpokládat, že 1. stupeň OPVZ je v bezprostředním okolí jímáných objektů, a lze tak pomocí mapové aplikace *Vrtná prozkoumanost* [11] provést příslušný výběr. Vrtý ležící uvnitř 1. stupně OPVZ mají hloubku 100 metrů a jímají neogenní kolektor. Protože k dané lokalitě již nejsou k dispozici žádné další informace, dá se s vědomím určité nejistoty vzít jako povodí odběru rozsah 2. stupně OPVZ vymezeného ve zmíněném rozhodnutí (obr. 5). V tomto případě lze vycházet z legitimního předpokladu, že toto pásmo vzniklo na základě předchozího detailního hydrogeologického hodnocení, které zohlednilo směry proudění podzemní vody z infiltrační oblasti směrem k místu odběru.

4) Stanovení povodí odběru v prostředí, které není pokryto projektem „*Rebilance zásob podzemních vod*“ a nemá vymezené ochranné pásmo vodního zdroje 2. stupně

Nejobtížnější variantou, zatíženou největší nejistotou a v krajní variantě až bez možnosti vymezení povodí odběru, je případ, kdy jímací objekt:

- leží ve struktuře, která spadá do kategorie hluboká struktura,
- tato plocha není pokryta projektem „*Rebilance zásob podzemních vod*“ [10],
- nemá vymezený 2. stupeň OPVZ,
- k dispozici nejsou technické parametry o způsobu jímání. Není známa hloubka vrtů/studní, jejich počet ani jejich označení, tedy parametry, které by umožnily ztotožnění objektů v mapové aplikaci *Vrtná prozkoumanost* [11].



Obr. 5. Vymezení povodí odběru pro odběr SČVK Holedeč vrtý (ID *Surová voda*: 33070200) na základě ochranného pásma vodního zdroje 2. stupně
Fig. 5. Catchment area of groundwater abstraction SČVK Holedeč vrtý (ID *Surová voda*: 33070200) based on the protection zone for vulnerable water resources

Jediným a časově nejnáročnějším postupem je pokusit se dohledat alespoň část chybějících údajů a přistoupit ke stanovení povodí odběru způsobem, jakým hydrogeolog zpracovává návrh OPVZ 2. stupně. Je třeba zdůraznit, že podle našich zkušeností je tento případ spíše výjimečný, nicméně v rámci objektivnosti je nutné na něj upozornit.

ZÁVĚR

Hlavním smyslem vypracování rizikové analýzy částí povodí je komplexní ochrana vodních zdrojů. Důležitá je identifikace potenciálních rizik v částech povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě. K tomu je však nutné znát rozsah povodí odběrů, což vždy nemusí být OPVZ. Díky identifikaci potenciálních rizik a ověření na základě monitoringu by měla být navržena cílená opatření pro minimalizaci potenciálních rizik. Proto musí být zajištěno náležité monitorování relevantních ukazatelů v surové vodě a posouzení potřeby zřídít nová nebo přizpůsobit stávající OPVZ. Pro jednotné zpracování rizikových analýz částí povodí byl vytvořen formulář s přesnou strukturou, která by měla být dodržena zpracovateli rizikových analýz částí povodí. Formulář má pět základních kapitol a jasně a přehledně shrnuje, co vše by mělo být součástí rizikové analýzy částí povodí. Tento článek byl zaměřen na základní charakteristiky odběru a povodí odběru, které jsou jedny z nejdůležitějších kroků při zpracování rizikové analýzy. Bez správného určení povodí odběru nemůže být vypracována kvalitní riziková analýza částí povodí.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen v rámci projektu Technologické agentury ČR č. SS05010210 „*Nástroje pro posouzení rizik částí povodí souvisejících s místy odběru vody určené k lidské spotřebě*“.

Literatura

- [1] Směrnice Evropského parlamentu a Rady (EU) 2020/2184 o jakosti vody určené k lidské spotřebě (přepracované znění).
- [2] Směrnice Rady 98/83/ES o jakosti vody určené k lidské spotřebě.
- [3] Vyhláška č. 50/2023 Sb., o plánech povodí a plánech pro zvládání povodňových rizik.
- [4] PATSCHOVÁ, A., TARABOVÁ, K. Plochy povodí pre miesta odberu podzemnej vody určenej na ľudskú spotrebu. In: *Konference Pitná voda*, Tábor 3.–6. červen 2024, 9 s.
- [5] Databáze Surová voda. Dostupné z: <https://surovavoda.chmi.cz>
- [6] Vyhláška č. 428/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů.
- [7] Vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.
- [8] Evidence obsahuje údaje o stanovení ochranných pásem vodních zdrojů v České republice. Dostupné z: <https://agrigis.cz/isvs-voda/?page=ochranna-pasma-mapa>
- [9] Centrální registr vodoprávní evidence. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/centralni-registr-vodopravni-evidence.html>
- [10] Projekt „Rebilance zásob podzemních vod“, 2010–2016, Česká geologická služba. Dostupné z: <https://www.geology.cz/rebilance>
- [11] Vrtná prozkoumanost. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/
- [12] Projekt „Rebilance zásob podzemních vod“ – Závěrečná zpráva, Příloha č. 2/42 Stanovení zásob podzemních vod, Hydrogeologický rajon 4640 – Křída horní Ploučnice. Dostupné z: http://www.geology.cz/rebilance/vysledky/4640_zprava.pdf

Autoři

Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D.

✉ lucie.jasikova@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-5209-406X

RNDr. Hana Prchalová

✉ hana.prchalova@vuv.cz

ORCID: 0000-0003-1890-8335

Doc. RNDr. Zbyněk Hrkal, CSc.

✉ zbynek.hrkal@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-8492-394X

Ing. Petr Vyskoč

✉ petr.vyskoc@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5006-5414

Ing. Hana Nováková, Ph.D.

✉ hana.novakova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-5946-4796

Mgr. Silvie Semerádová

✉ silvie.semeradova@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-6633-9424

Ing. Jiří Dlabal

✉ jiri.dlabal@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-2401-2917

Ing. Tomáš Fojtík

✉ tomas.fojtik@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-6480-3900

Mgr. Aleš Zbořil

✉ ales.zboril@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-8202-3879

Ing. Bc. Václava Maťašovská

✉ vaclava.matasovska@vuv.cz

ORCID: 0000-0001-9229-463X

Ing. Jiří Pícek

✉ jiri.picek@vuv.cz

ORCID: 0000-0002-6978-6801

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.09.002

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

TOOLS FOR RISK ASSESSMENT OF CATCHMENT AREAS FOR ABSTRACTION POINTS OF WATER INTENDED FOR HUMAN CONSUMPTION

JAŠÍKOVÁ, L.; PRCHALOVÁ, H.; HRKAL, Z.; VYSKOČ, P.; NOVÁKOVÁ, H.; SEMERÁDOVÁ, S.; DLABAL, J.; FOJTÍK, T.; ZBOŘIL, A.; MAŤAŠOVSKÁ, V.; PÍCEK, J.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

Keywords: categories of abstraction — catchment areas — raw water — risk analysis — water supply and protection — water quality

In December 2020, the new EU Directive 2020/2184 on the quality of water intended for human consumption was published. This Directive places a strong emphasis on comprehensive protection of water resources and introduces an obligation to carry out risk assessment and risk management of the catchment areas for abstraction points of water intended for human consumption, compared to the previous Directive from 1998. The risk analysis of the catchment areas must be carried out for all water abstractions for drinking purposes that abstract more than 10 m³ raw water per day. In the Czech Republic, this concerns approximately 3,650 abstractions (of which about 3,500 groundwater abstractions and about 150 surface water abstractions). Thus, on a national scale, there is a considerable amount of risk analyses of the catchment areas, which, according to the above-mentioned directive, must be prepared by 2027. The main aim of the project “Tools for risk assessment of catchment areas for abstraction points of water intended for human consumption” (supported by the Technology Agency of the Czech Republic) is to develop a methodology for the preparation of this risk analysis of the catchment areas. In order to ensure that the risk analyses of the catchment areas to be prepared by different entities have a uniform form and structure, a form (mock-up) of what the risk analyses of the catchment areas should look like and what they should contain has been developed within the framework of the methodology. As this is a very complex issue, only the main skeleton of the methodology will be presented in this article, focusing on the basic characteristics of the abstraction and the definition of the area (the catchment areas) in which the risk activities for the quality of the abstracted raw water are determined.

Scénáře budoucí potřeby vody do roku 2050: sektorové analýzy a prognózy

JIRÍ DLABAL, PETR VYSKOČ, JAN BINDZAR, VERA POTOPOVÁ, PAVLA SCHWARZOVÁ, MIROSLAV TRNKA, TOMÁŠ DOSTÁL, MARTIN DOČKAL, DANIELA SEMERÁDOVÁ, JULIANA ARBELAEZ GAVIRIA, PETR ŠTĚPÁNEK, ALENA JAČKOVÁ, MARIE MUSIOLKOVÁ, ARNOŠT KULT

Klíčová slova: scénáře — budoucí potřeba vody — rok 2050 — zemědělství — závlahy — živočišná výroba — průmysl — energetika — voda pro lidskou potřebu — klimatická změna

ABSTRAKT

Príspevek predstavuje výsledky řešení dílčího cíle „Vývoj scénářů potřeb vody s ohledem na socioekonomický vývoj a vývoj klimatu“ (DC 1.1), který je součástí projektu TA ČR č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách změny klimatu (Centrum Voda)“ a tvoří dílčí část pracovního balíčku WP 1 „Predikce vývoje zabezpečení vodních zdrojů v ČR do roku 2050 v podrobnosti krajů v závislosti na změně klimatu“. Řešení probíhalo v letech 2020–2024 a podílely se na něm tyto organizace: Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, v. v. i. (dále VÚV TGM), Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (VŠCHT), České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební (ČVUT), Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. (ÚVGZ), Česká zemědělská univerzita v Praze (ČZU), Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta – jako subdodavatel (PřF UK). Tento článek se zabývá projekcí budoucí potřeby vody do roku 2050 prostřednictvím sektorových analýz a prognóz. Řešení využívá různé scénáře, které zohledňují faktory, jako jsou populační růst, ekonomický rozvoj, změna klimatu, technologický pokrok a politická rozhodnutí, a je zaměřeno na potřebu vody pro tyto sektory: zemědělství, průmysl, energetika a domácnosti. Rovněž vyhodnocuje potenciální dopady jednotlivých scénářů na dostupnost vodních zdrojů. Výsledky ukazují, že v některých regionech může – v závislosti na posuzovaném scénáři – dojít k výraznému zvýšení potřeby vody, což by mohlo vést k nedostatku vody, a tudíž vyžadovat implementaci nových strategií pro efektivní hospodaření s vodou. Naopak v některých regionech může dojít vlivem útlumu ekonomické aktivity a migrace obyvatel ke snížení nároků na vodu. Článek dále popisuje možné nejistoty a variabilní faktory ovlivňující predikci budoucích potřeb vody a zároveň zdůrazňuje důležitost sektorové analýzy pro porozumění budoucím trendům v oblasti vodního hospodářství.

ÚVOD

Voda je nezbytným zdrojem pro život na Zemi a zároveň hraje klíčovou roli ve všech oblastech lidské činnosti od zemědělství přes průmysl, výrobu elektřiny a tepla až po provoz domácností. Se změnou klimatu a měnícími se požadavky na vodu ze strany různých sektorů se otázka budoucí potřeby vody stává stále naléhavější. Problematika budoucí dostupnosti vodních zdrojů je komplexní téma, jež zahrnuje řadu klíčových aspektů, jako jsou např. změny rozložení srážek v čase a prostoru (některé oblasti mohou zažívat období

sucha, jiné naopak období přívalem dešťů), zvýšení teploty, zvýšení výparu vody z vegetace a vodních ploch, ekonomický rozvoj a industrializace vyžadující více vody pro průmysl a energetiku, zvyšující se životní úroveň obyvatelstva a s ní spojená vyšší spotřeba vody v domácnostech nebo rostoucí potřeba vody pro zemědělství k zajištění potravinové bezpečnosti. Základním předpokladem řešení uvedené problematiky je získání informací o budoucí potřebě vody v různých odvětvích a jejím rozložení na území České republiky (ČR) s následným porovnáním s budoucími dostupnými zdroji. Výsledkem by pak mělo být efektivnější využívání vody v zemědělství, průmyslu, energetice i v domácnostech spojené s rozvojem technologií pro čištění a recyklaci vody, budováním vodní infrastruktury pro zadržování a přepravu vody a také se zlepšením předpovědních systémů pro hospodaření s vodou. Jde o klíčový integrovaný přístup, který bere v úvahu všechny výše zmíněné aspekty a hledá vyvážená řešení pro zajištění udržitelného hospodaření s vodními zdroji v budoucnosti. Jelikož se jedná o poměrně rozsáhlou problematiku, zabýval se jí širší tým odborníků různých specializací rozdělených do několika skupin zaměřených vždy na určitou oblast odhadu potřeby vody. Na základě dostupných dat a prognóz bude predikováno, jak se bude vyvíjet poptávka po vodě v nadcházejících desetiletích. Dle těchto zjištění pak navazující činnosti dalších pracovních balíčků v rámci „Centra Voda“ budou zjišťovat, jaké strategie mohou být implementovány k zajištění udržitelného a rovnoměrného rozdělení tohoto cenného zdroje.

Analýza potřeb vody pro průmysl

METODIKA A POUŽITÉ ZDROJE

Cílem řešitelů z VŠCHT bylo analyzovat stávající potřebu vody v průmyslu ČR a získat podklady pro kvantifikaci potřeby budoucí. Vstupem pro řešení byla data o evidovaných odběrech povrchových a podzemních vod a vypouštění vod odpadních za roky 2009–2019 na základě vyhlášky č. 431/2001 Sb., vedená státními podniky Povodí. Jde o údaje o přímých odběrech a vypouštěních nahlašované jednotlivými subjekty, nezahrnují tedy informace o využívání vody z veřejných vodovodů a vypouštění vod do veřejných kanalizací.

Data byla rozdělena do tří skupin:

1. Agregované údaje o ročních objemech vypouštění/odběrech pro jednotlivá odvětví za roky 2009–2019 vztahované na kraje a na okresy. Staly se základem pro sledování vývoje a trendů.
2. Podrobné údaje o vodohospodářsky nejvýznamnějších subjektech v jednotlivých odvětvích. Tzv. TOP 7 – detailní data pro subjekty vykazující v daném odvětví největší objemy odebíraných a/nebo vypouštěných vod. Každý z vybraných parametrů (odběr povrchových vod, odběr podzemních vod, vypouštění odpadních vod) byl hodnocen zvlášť. Rozhodným byl rok 2019.
3. Kompletní netříděná data o odběrech a vypouštěních (tzn. pro všechny subjekty, nejen průmysl) za roky 2009–2019, používaná zejména při kontrole a dohledávání případných nesrovnalostí.

Agregovaná data byla zpracována v tabelární a především grafické formě tak, aby bylo možné určit nejvýznamnější odvětví pro jednotlivé územní celky a sledovat případné trendy v potřebě a spotřebě vody. Prvotní analýza byla provedena na úrovni ČR a krajů, následně byla rozšířena až na okresy. Kromě ročních odběrů (případně vypouštění) byly také zpracovány údaje o sezonním kolísání, tedy o odběrech v jednotlivých měsících.

SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Bylo zjištěno, že v případě povrchových vod je největším odběratelem v ČR chemický průmysl, následovaný výrobou papíru, zpracováním základních kovů a těžbou. Odběry podzemních vod jsou celkově spojeny především s těžbou a potravinářským průmyslem, ostatní odvětví vykazují řádově nižší hodnoty. Samozřejmě na úrovni krajů jsou značné rozdíly. Na krajské úrovni jsou největší průmyslové odběry povrchových vod zaznamenávány v Ústeckém kraji, za jejich většinou stojí chemický a papírenský průmysl. Pokud jde o podzemní vody, nejvyšší hodnoty v rámci krajů vykazují Moravskoslezský a Středočeský kraj, přičemž většina v Moravskoslezském kraji připadá na těžbu.

Přestože je obecně přijímaným faktem, že potřeba vody v průmyslu ČR dlouhodobě klesá, nelze toto pravidlo aplikovat jako univerzálně platné za všech podmínek. Analýza dat ukazuje, že rozdíly jsou jak mezi odvětvími celkově, tak mezi jednotlivými regiony. Ale navzdory těmto rozdílům lze konstatovat, že převládajícím trendem ke konci analyzovaného období 2009–2019 bylo vyrovnání objemů odebraných vod, bez extrémních výkyvů.

Na úrovni okresů je výsledný průběh odběrů i vypouštění v řadě případů mnohem rozkolísanější, často bez zřetelných trendů. To je dáno jednak tím, že u menších územních celků se více projevují zdroje nesrovnalostí zjištěné při analýze krajů, a jednak tím, že na úrovni okresu je počet subjektů jednoho odvětví omezený. Někdy je dané odvětví prezentováno jediným podnikem, jehož fungování definuje celý časový průběh. Právě v takových případech, kdy v určité oblasti existuje jediný vodohospodářsky významný subjekt, je možné pozorovat souběh trendů na krajské a okresní úrovni. Typickým příkladem jsou Ústecký kraj a okres Litoměřice, kde hodnoty odběrů a vypouštění papírenského průmyslu v podstatě určuje jediný podnik – Mondi Štětí, a. s.

V rámci výzkumu byla zjišťována také sezonnost odběrů. Analýza potvrdila, že existují rozdíly nejen mezi odvětvími, ale i v rámci jednotlivých odvětví. Některé subjekty vykazují víceméně vyrovnané odběry během celého roku, pro jiné je charakteristický pokles v letních měsících naznačující pravidelné letní odstávky, případně jiné důvody pro odběrový režim snižující odběry v letním období. Existují i podniky vykazující naopak odběrová maxima v červenci a srpnu. Důležitým zjištěním je skutečnost, že evidované měsíční odchylky se u daného subjektu mohou významně lišit rok od roku.

ZÁVĚRY A JEJICH NEJISTOTY

Průmysl v ČR je stále rozmanitý, orientovaný na export a nepodléhá centrálnímu plánování. Je tedy ovlivňován řadou faktorů (ekonomických, sociálních, politických, a to nejen na místní, ale i mezinárodní úrovni), které je obtížné či až nemožné předpovídat s dostatečnou přesností. Podrobnější výhledy pro jednotlivá odvětví jako celek nejsou dostupné. A získání informací o konkrétních subjektech je komplikované.

S ohledem na výše uvedené skutečnosti byl zvolen zjednodušený přístup opírající se o kombinaci sledování dosavadních trendů v odběrech a vypouštěních vod, se snahou o získání aspoň všeobecné představy o vývoji jednotlivých průmyslových odvětví do roku 2050.

Výsledky analýz dat lze shrnout do relativně jednoduchého konstatování: S klesající velikostí analyzovaných územních jednotek narůstala rozkolísanost datových řad a ztrácely se zřetelné dlouhodobé trendy. Naopak případné sezonní kolísání se stávalo zjevnější.

Na základě dosažených výsledků bylo rozhodnuto, že otázka budoucí potřeby vody v průmyslu nebude řešena pomocí predikcí jejich změn v čase, ale nastavením tří fixních úrovní, s nimiž bude možné porovnávat reálně dostupné vodní zdroje v daném čase. Výchozím bodem pro jejich určení byla analýza odběrů na úrovni krajů. Tento přístup lze využít nejen pro roční, ale i měsíční hodnoty, pro potřeby zachycení kolísání odběrů během roku.

Hodnota základní linie

Hodnoty základní linie vycházejí z předpokladu, že průmyslová potřeba vody bude v budoucnu obdobná jako v současnosti, resp. ke konci hodnoceného období 2009–2019. Hodnota pro každé odvětví bude spočtena jako průměr ze čtyř roků, které byly vybrány na základě vyhodnocení dat na úrovni krajů. Ve většině případů jde o roky 2016–2019, kdy byl český průmysl v dobré kondici a nejčastějším trendem v oblasti odběrů byl víceméně ustálený stav. Pro odvětví, resp. kraje, kde v těchto letech docházelo k významným výkyvům, byl vývoj potřeby vody detailněji analyzován a pro výpočet byly vybrány jiné roky (*obr. 1*).

Maximální hodnota

Jako maximální hodnota budoucích odběrů bude využit největší objem odebraných vod zaznamenaný v období 2009–2019. Ta poskytuje realistický odhad případných pozitivních odchylek od základní linie (*obr. 1*).

Kritická (nepřekročitelná) hodnota

Data obsahují informace nejen o odběrech a vypouštěních, ale také o povolených maximálních objemech. V analyzovaném období 2009–2019 nebyly limity pro odběry podzemních a povrchových vod plně využívány, a poskytují tedy rezervu, kterou mají příslušné podniky přinejmenším teoreticky k dispozici. Je reálný předpoklad, že limity pro konkrétní subjekty v budoucnu nebudou navyšovány, a určují tak nepřekročitelnou hranici pro využití vodních zdrojů, již lze srovnávat s očekávanou budoucí potřebou (*obr. 1*).

Uvedený přístup s sebou samozřejmě přináší určitá rizika a nejistoty:

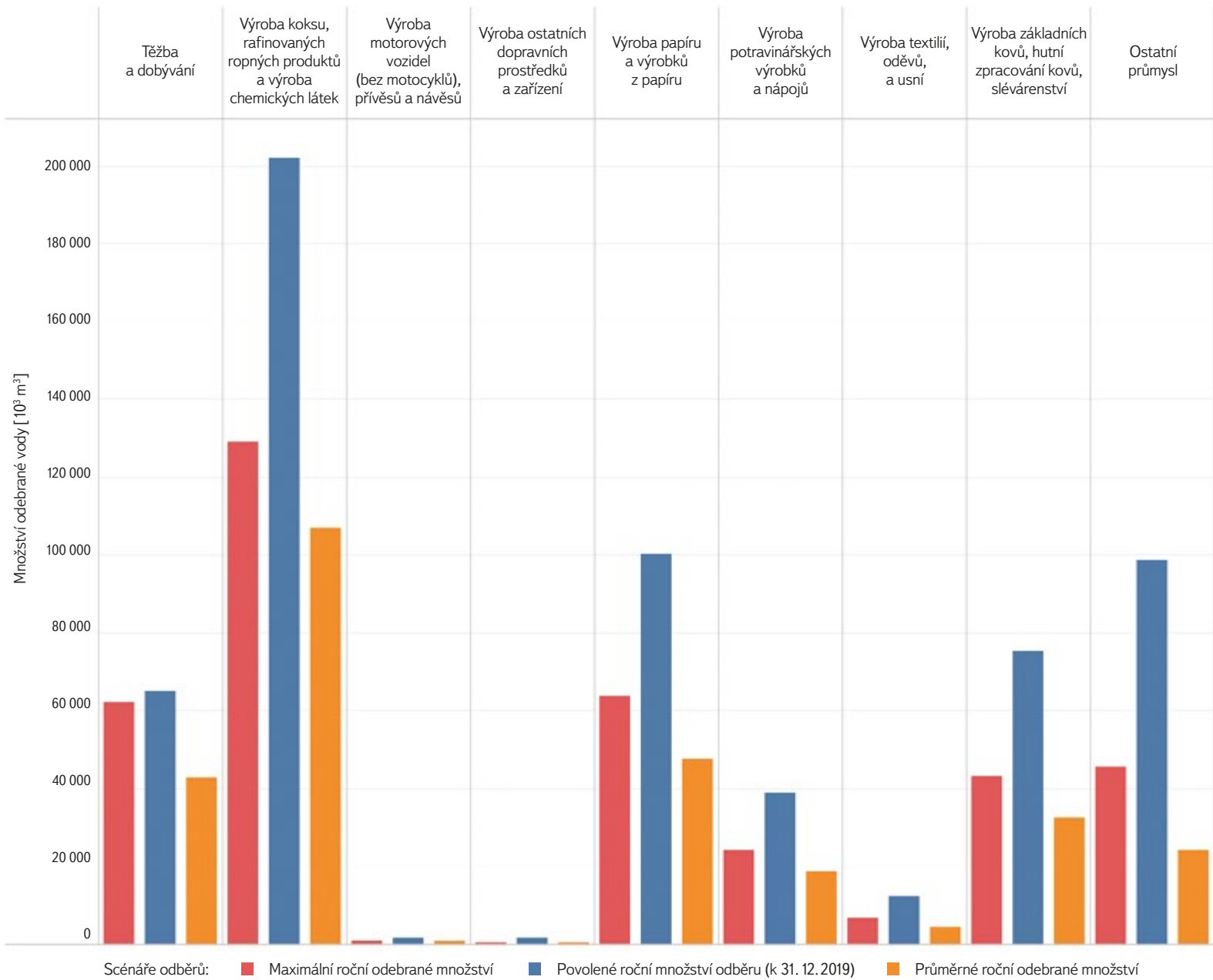
1. Nedostatečně zřetelné či zavádějící trendy
Celková potřeba vody v průmyslu v ČR dlouhodobě klesá, nicméně prosté promítnutí tohoto směru do budoucna by mohlo vést ke zcela mylným závěrům (teoreticky až k téměř nulové potřebě vody). A naopak případný růst

pozorovaný v určitém odvětví a regionu nelze na základě matematického výpočtu jednoduše extrapolovat do budoucna. Ani ustálený stav, pozorovaný v řadě odvětví v posledních letech, neznamená, že v budoucnu nedojde k zásadním změnám.

2. Problém převodu trendů a předpovědí na nižší úroveň územních celků nebo individuální subjekty
Trendy platné na celostátní nebo krajské úrovni již nemusejí být platné pro menší území. Projekt počítá s modelováním vodohospodářské bilance na úrovni malých celků – hydrogeologických rajonů a vodních útvarů, kdy lze očekávat, že bude posuzována situace i u jednotlivých odběrných míst, tedy individuálních subjektů. V takovém případě budou zásadním způsobem rozhodovat lokální podmínky.

3. Vznik, případně zánik subjektů
Predikce založená na analýze historických dat z principu nemůže pracovat s možným zánikem podniku (ve smyslu ukončení výroby) a zejména pak s výstavbou nového (především tzv. na zelené louce).

4. Přiměřenost povolených odběrů
Jak bylo zmíněno dříve, povolené odběry povrchových a podzemních vod poslouží v predikci potřeby vody jako mez, kterou budoucí vývoj nesmí přesáhnout. Vzhledem k tomu, že v některých případech jsou povolené hodnoty významně vyšší než reálný stav, není zaručeno, že současná vydatnost příslušných vodních zdrojů umožňuje jejich dosažení.



Obr. 1. Scénáře odběrů povrchové a podzemní vody pro průmysl do roku 2050 na základě dat z období 2009–2019 v dílčích odvětvích
Fig. 1. Surface and groundwater abstraction scenarios for industry up to 2050 based on data from 2009–2019 in sub-sectors

Potřeba vody pro zemědělství: potřeba vody pro závlahy – z hlediska technologie závlah

METODIKA

Cílem řešení pracovní skupiny ČVUT bylo pokusit se v horizontu roku 2050 nastítnit vývoj závlah v ČR a vyslovit hypotézu, jaké budou technologie a zda se zvětší, nebo zmenší zavlažovatelná plocha. A ve spolupráci s dalšími partnery projektu pak určit, kolik vodních zdrojů pro zavlažování a další odvětví lidské činnosti by bylo potřeba v tomto časovém horizontu v jednotlivých regionech zajistit.

Při zpracování byla použita analýza dostupných podkladů popisujících stávající stav [1–4]. Týkala se zejména informací o struktuře rostlinné výroby a o technických možnostech zavlažování – tedy kde je vůbec technicky možné zavlažovat plodiny s ohledem na dostupnost zdrojů a vybudovanou infrastrukturu (výměry zavlažovatelné). Řešen byl také závlahový detail umožňující efektivní zavlažování (minimalizaci ztrát vody a přesné dávkování závlahové vody). Pro jeho aktuální využití k závlaze plodin byly upřesněny hodnoty ztrátových součinitelů K_1 a K_2 , viz tab. 2 (ÚVGZ). Pro predikci nároků vody je zohledněn rovněž dlouhodobý trend vývoje klimatických parametrů určující potřebu doplňkové závlahy pro jednotlivé plodiny při změně agroklimatických oblastí (Český statistický úřad – ČSÚ a Výzkumný ústav rostlinné výroby – VÚRV).

Aktuální data o závlahách (plochy zavlažované) byla převzata z databáze ISMS (mapový projekt geoportálu SOWAC-GIS). Pro výskyt plodin byly využity údaje z *Registru půdy* (LPIS) [5, 6].

Provedena byla analýza databáze závlahových odběrů (VÚV TGM) pro jednotlivá povodí a se zástupci státních podniků Povodí bylo diskutováno o nalezených nejasnostech [7]. Databáze poskytla množství aktuálně odebírané povrchové a podzemní vody pro závlahy za roky 2014–2021 a data byla následně zpracována pro jednotlivá dílčí povodí a útvary povrchových vod (ÚPOV) [8].

Stanovením potřeby vody pro jednotlivé plodiny (na podkladech ČZU) [9] byl následně vytvořen odhad celkové potřeby závlahové vody pro jednotlivé útvary povrchových vod (ÚPOV) a kvantifikace potřebných vodních zdrojů pro zavlažování. Při predikci budoucích odběrů vody pro závlahy je již počítáno s aktualizovanými ztrátami vody vynucenými technickými způsoby provádění závlahy [10] a veškeré výpočty a odhady byly řešeny na predikované klimatické podmínky.

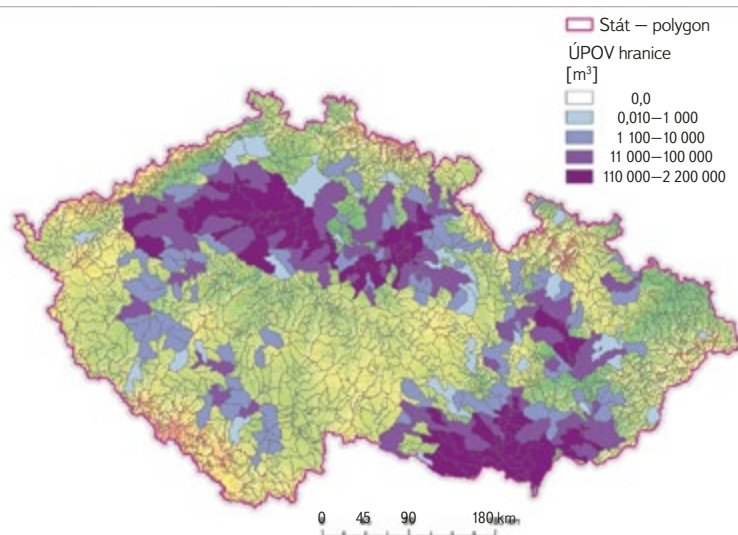
VÝSLEDKY

Pro vybraná relevantní data z databáze VÚV TGM se roční objem odebrané vody pro závlahy v letech 2014–2021 pohyboval v rozmezí 18–31 mil. m³, což tvořilo zhruba 1,4 % z celkové roční spotřeby vody v ČR. Nejvíce závlahové vody bylo odebráno v roce 2018 a od tohoto roku se množství postupně snižovalo. Voda byla odebírána převážně z vod povrchových, z podzemních vod je uváděno množství méně než 10 %. Nejvíce závlahové vody za řešené období (45 % z celkového průměrného množství) bylo odebráno v povodí Dyje. Míra využití vodoprávně povoleného měsíčního množství odebrané vody (v měsících obecného vegetačního období) byla v části záznamů evidována nepřesně, např. souhrnně za vegetační období, chybným odečtem vodoměru nebo nejednoznačně u odběrů podzemních vod. V některých případech došlo k překročení povolených hodnot (přibližně kolem 30 %).

Vyhodnoceny byly poskytnuté vláhové bilance jednotlivých plodin (ČZU) a následně byl pro vybrané plodiny a řešená období proveden přepočítání potřeby vody na jednotlivé ÚPOV.

V rámci stanovení scénářů pro odběr závlahové vody byly pro každý ÚPOV vytvořeny kombinace potřeb závlahové vody pro „chmelnice“, „vinice“, „sady“, „standardní ornou půdu“ a „trvalý travní porost“ pro zavlažované a nezavlažované plochy v „průměrném vegetačním období GS“, v „suchém období – citlivém vegetačním období SGS“ a jako „předpověď“ pro horizont 2050 pro vegetační období GS“ [11–15]. Veškeré výsledky jsou v tabelární digitální podobě součástí celkové zprávy ČVUT a ukázka grafického zobrazení potřeb závlahové vody pro jednotlivá ÚPOV ve variantě „předpověď GS“, viz obr. 1.

- Varianta „prům 12 let GS“ popisuje současný stav vypočtený z reálné měřených hodnot 2010–2021, je možné ji považovat za nejnižší potřebu vody pro závlahy.
- Varianta „suchý SGS“ byla vypočtena pro citlivé vegetační období jako průměr za dva extrémní roky 2015 a 2018, představuje potenciálně nejvyšší potřebu závlahové vody v citlivém vegetačním období.
- Varianta „předpověď GS“ odhaduje ze simulovaných hodnot vláhových bilancí 2022–2050 budoucí potřebu závlahové vody za vegetační období dané plodiny (GS).



Obr. 2. Ukázka zobrazení potřeb závlahové vody za vegetační období v m³ v jednotlivých ÚPOV, varianta „předpověď GS“. (Zdroj: ČVUT)

Fig. 2. Illustration of irrigation water requirements per growing season in m³ in individual UDPs, variant „forecast GS“. (Source: CTU)

NEJISTOTY

Míry využití vodoprávně povoleného množství odebrané vody byly s ohledem na nejasnosti evidovaných hodnot závlahových odběrů diskutovány s pracovníky státních podniků Povodí. Výpočty potřeb závlahové vody jsou provedeny na základě současných znalostí a z aktuálně dostupných hodnot. Je zřejmé, že i tyto výsledky jsou zatíženy nejistotami, chybějí např. aktualizace databáze skutečně zavlažovaných ploch a jejich navázání na odběrná místa. Při výpočtu množství vody pro závlahy vznikly nejistoty nesouladem vymezených kategorií LPIS („chmelnice“, „vinice“, „sady“, „standardní orná půda“ a „trvalý travní porost“) s poskytnutými vláhovými bilancemi jednotlivých konkrétních zemědělských plodin (viz ÚVGZ). Nejistoty existují také v oblasti socioekonomické, neboť struktura osevů, stejně jako rozhodnutí hospodařících subjektů o podpoře budování a následného využívání závlah jsou výrazně ovlivněny ekonomickou stránkou, dotačními tituly a společným evropským trhem. V porovnání s předchozími jsou nižší (byť nezanedbatelné) rovněž nejistoty z oblasti klimatického vývoje regionu.

ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Analýza databáze závlahových odběrů stanovila využitá množství vody v jednotlivých povodích, vyhledala a pojmenovala nejasnosti v zápisech hodnot.

Analýza závlahových technologií v ČR a odhad jejich ztrát závlahové vody umožnila výpočet orientačního maximálního množství vody potřebného pro závlahu typických kultur „vinice“, „chmelnice“ a „sady“, a to včetně možné extrapolace do scénáře pokrytí závlahou veškeré plochy těchto kultur. Byl proveden výpočet indikativního množství vody potřebného pro závlahu kultur „orná půda“ a „TTP“, přičemž je jasné, že závlaha na orné půdě se v rozhodující míře soustředí na zeleninu a rané brambory a u TTP to budou louky určené k produkci píce pro mléčný skot. Vývoj směrem k plné závlaze zde není realistický – byl uplatňován pouze tam, kde je již v současnosti závlaha vybudována (což bylo považováno za indikátor faktu, že se tam zavlažované plodiny pěstují). Tato skutečnost byla ověřena podle dat ČSÚ – jež jsou však na úrovni okresů k dispozici pouze do roku 2014.

Aniž bychom byli schopni provést reálnou bilanci dostupnosti zdrojů vody pro jednotlivé zavlažované pozemky, je zcela zřejmé, že podzemní vody by v kritických oblastech neměly být k závlaze masivně využívány, neboť se jedná o vodu cennou, která by měla být rezervována pro pitné účely. Navíc bude zjevně docházet k souběhům nutnosti závlah (delší období horka a sucha) a současně nízkých průtoků ve vodních tocích (delší období sucha a horka). Potřebu vody tak bude možno pokrýt jediné výstavbou dalších vodních nádrží, resp. úpravou manipulačních řádů vodních nádrží stávajících, pokud tyto mají volnou kapacitu.

Pomoci může implementace závlahových matematických modelů (např. model AQUA CROP, registrovaný FAO). Tyto metody ale pomohou spíše optimalizovat velikost a načasování závlahových dávek, nicméně celkovou bilanci vody neřeší.

Ukazuje se, že stát eviduje velké množství dat a údajů, mnohdy však bez koncepcí, na různých místech a bez vzájemné návaznosti. Proto lze doporučit:

- propojení resortních informací za účelem efektivního nakládání s vodou a s dalšími zdroji,
- provést podrobnou inventarizaci pozemků v kategorii „zavlažované“ a „zavlažovatelné“ a tyto zavést jako parametry do databáze LPIS,
- v evidenci odběrů vody oddělit kategorii „voda pro závlahu“ a k jednotlivým zdrojům přiřadit zavlažované pozemky – možno rovněž provést v databázi LPIS nebo v databázi ISMS.

Potřeba vody pro závlahu z hlediska modelování potřeby rostlin: příprava scénářů vývoje klimatických parametrů – výběr modelů

Tým ÚVGZ na základě analýzy v rámci projektů excelentního výzkumu Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání – Udržitelnost ekosystémových služeb (OPVVV SustES) a Operačního programu Jan Amos Komenský – Pokročilé metody redukce emisí a sekvence skleníkových plynů v zemědělské a lesní krajině (OP JAK AdAgriF) systematicky testoval vhodnost metod pro přípravu použitelných a robustních dat pro odhad vývoje budoucího klimatu. Tým vycházel z faktu, že množina nejnovějších projektů vzájemného porovnání spřažených modelů fáze 6 – globálního simulačního modelu (CMIP6 GCM) zahrnuje modely s různým stupněm prostorové podrobnosti. Většina simulací vývoje klimatu v 21. století má horizontální prostorové rozlišení okolo 100 nebo 250 km. Existuje i malá podmnožina globálních klimatických modelů (GCM) v rozlišení okolo 50 km, ale jejich simulace končí v polovině 21. století. Jednotlivé GCM se od sebe též liší komplexností popisů dějů v klimatickém systému, způsoby parametrizací jevů menšího měřítka i formulací a numerickým řešením základních fyzikálních rovnic. Zákonitě pak dochází k tomu, že se simulované klima do určité míry rozchází s realitou a tento rozdíl se mění v prostoru, čase či napříč fyzikálními veličinami. Pro simulace budoucího klimatu střední Evropy byly po

pěti letech výzkumu upřednostněny GCM, jež nejlépe postihují klima střední Evropy. Zároveň je potřeba zajistit, aby preferované GCM, které tvoří jen podmnožinu všech dostupných GCM, postihly budoucí vývoj klimatu stejně, se stejnou mírou neurčitosti, jako úplná množina všech dostupných GCM. Tedy aby vybraná podmnožina GCM nereprezentovala modely, které za stejných podmínek očekávají např. vyšší nárůst teploty (či změny srážek, větru, slunečního svitu apod.) než modely, jež stojí mimo výběr. Zúžení sady klimatických modelů bylo provedeno postupem navrženým Meitnerem [16].

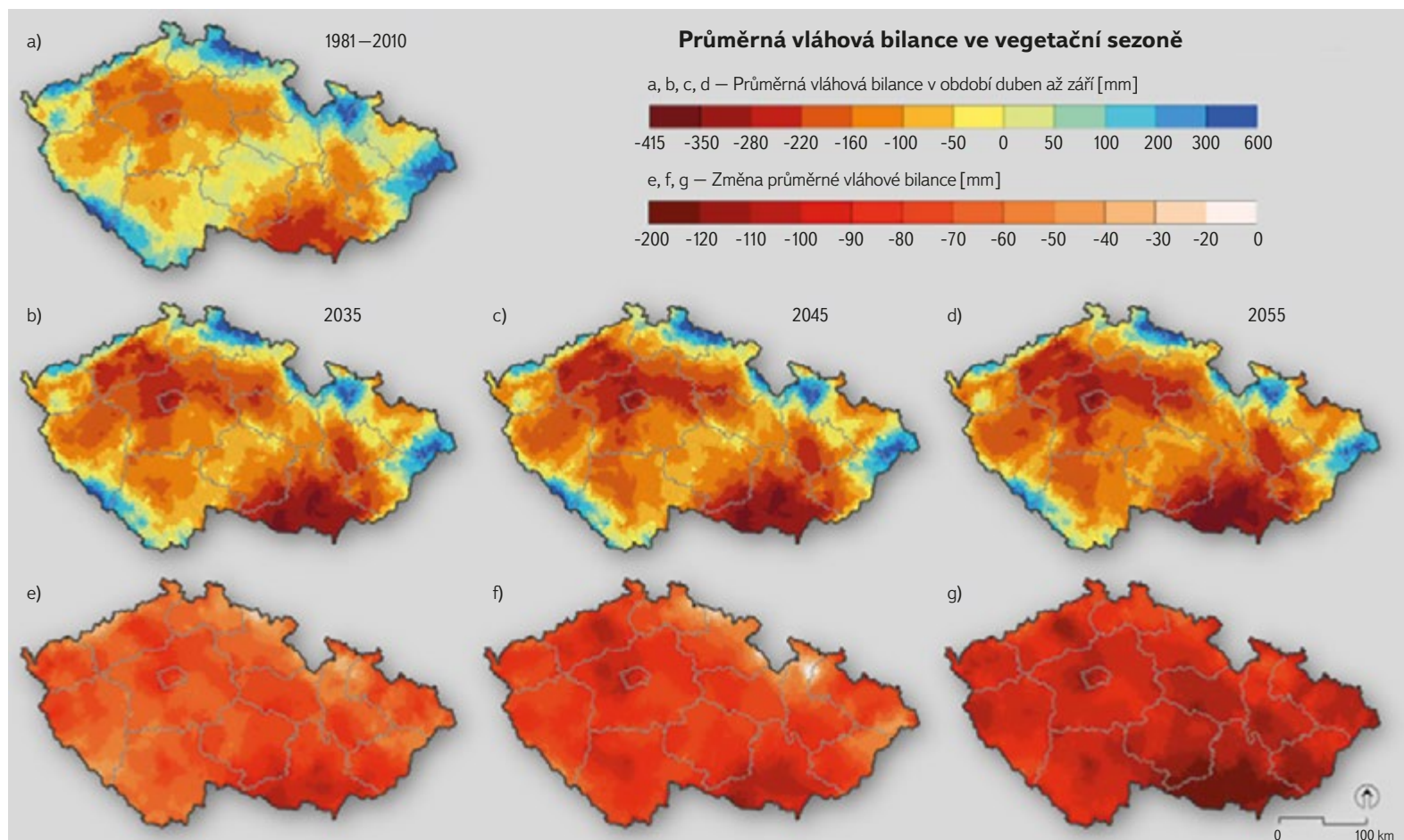
V souladu s uvedenou metodikou byly z množiny přibližně 20 CMIP6 GCM, které měly dostupné všechny nezbytné prvky a emisní scénáře, na základě validace vyloučeny ty modely, jež nebyly schopny věrohodně simulovat klima střední Evropy nedávné minulosti. Z ostatních modelů pak bylo vybráno šest GCM s rozlišením 100 km a reprezentujících všechny čtyři emisní scénáře tak, aby tento užší výběr svými statistickými vlastnostmi zastupoval celou původní množinu modelů, ale umožnil pracovat s menším počtem simulací. Výběr GCM byl proveden s ohledem na všechny základní meteorologické prvky, které jsou dále analyzovány, resp. použity pro výpočet referenční evapotranspirace a půdní vlhkosti modelem SoilClim. Výběr modelů spolu s dostupnými scénáři klimatické změny je uveden v následující tab. 1. Byly preferovány GCM s jemnějším prostorovým rozlišením (100 km oproti 250 km).

Tab. 1. Přehled modelů a země původu; nominální velikost gridu v oblasti rovníku byla přibližně 100 × 100 km a simulace všech modelů byly dostupné pro všechny scénáře socioekonomického vývoje (SSP – viz níže)

Tab. 1. Overview of models and country of origin; the nominal grid size in the equatorial region was approximately 100 × 100 km, and simulations of all models were available for all socioeconomic scenarios (SSP – see below)

Model	Autorské pracoviště
CMCC-ESM2	CMCC Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Itálie
EC-EARTH3	EC-Earth Consortium Europe, EU
GFDL-ESM4	NOAA-GFDL National Oceanic and Atmospheric Administration, Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA
MPI-ESM1–2-HR	MPI-M Max Planck Institute for Meteorology, Německo
MRI-ESM2–0	MRI Meteorological Research Institute, Japonsko
TAIESM1	AS-RCEC Research Center for Environmental Changes, Academia Sinica, Tchaj-wan

Scénáře klimatické změny slouží jako zdroj tzv. okrajové podmínky pro GCM a reflektují různé možné budoucí trajektorie vývoje světa nejen z pohledu emisí či výsledných koncentrací skleníkových plynů v atmosféře, ale i z hlediska různého hospodářského a společenského vývoje na planetě. Poslední 6. hodnotící zpráva IPCC (AR6) (dostupná na: https://www.mzp.cz/cz/souhrnna_zprava_ipcc) pracuje se scénáři socioekonomického vývoje, tzv. Shared Socioeconomics Pathways (SSP). V současné nomenklatuře je



Obr. 3. Ukázka rozdílu sumy srážek a referenční evapotranspirace v tzv. teplém půlroce (duben–září) pro referenční období (a) 1981–2010 a období (b, e) 2020–2050, tj. 2035, (c, f) 2030–2060, tj. 2045 a (d, g) 2040–2070, tj. 2055 pro úroveň povodí IV. řádu a pro model MPI-ESM1-2-HR a emisní scénář SSP 2-4.5. Mapy b–d ukazují změnu v absolutní hodnotě, mapy e–g charakter klimatického signálu, tj. relativní změnu

Fig. 3. Illustration of the difference between the sum of precipitation and reference evapotranspiration in the so-called warm half-year (April–September) for the reference period (a) 1981–2010 and the periods (b, e) 2020–2050, i.e. 2035, (c, f) 2030–2060, i.e. 2045 and (d, g) 2040–2070, i.e. 2055, for basin level IV. Maps b–d show the change in absolute value, maps e–g show the nature of the climate signal, i.e. the relative change

v kódu SSP zahrnuta jak cesta socioekonomického vývoje (1. číslo), tak předpokládaný dopad antropogenních emisí na zesílení skleníkového efektu v deseti-nách $W \cdot m^{-2}$ (watt na metr čtvereční – hustota toku energie).

V jednoduchosti lze jednotlivé scénáře změny klimatu používané na vstupu GCM simulací interpretovat takto:

- SSP1–2.6: udržitelná cesta vývoje se zesílením skleníkového efektu až o $2,6 W \cdot m^{-2}$ oproti předindustriálnímu období,
- SSP2–4.5: střední cesta: degradace environmentálních systémů, ale některá zlepšení týkající se využívání zdrojů a energie vedoucí k zesílení skleníkového efektu až o $4,5 W \cdot m^{-2}$,
- SSP3–7.0: regionální rivalita a konflikty umožňující jen malý ekonomický rozvoj a zesílení skleníkového efektu o $7,0 W \cdot m^{-2}$,
- SSP5–8.5: vývoj založený na fosilních palivech s potenciálem zesílení skleníkového efektu až o $8,5 W \cdot m^{-2}$.

Příprava klimatických scénářů

Výstupy GCM, pokud se nezabýváme pouze relativní změnou meteorologických prvků, nelze použít přímo. Jsou zatíženy systematickou chybou (např. podhodnocení teploty o $1^\circ C$ nebo nadhodnocení srážek o 25 % apod. na území

střední Evropy), kterou je nutné nejprve odstranit tzv. bias korekcí. Alternativně lze pracovat s klimatickou změnou plynoucí ze simulací klimatických modelů, která je dána do souvislosti přímo s pozorovanými daty. Druhý uvedený přístup se označuje jako „přírůstková metoda“ nebo „přímá modifikace“ a je v ČR tradičně používán pro modelování dopadů klimatické změny např. na hydrologickou bilanci, neboť ta vykazuje při použití této metody větší robustnost než při využití simulací klimatických modelů s opravou systematické chyby (tzv. bias korekce). Pro využití „přírůstkové metody“ v denním kroku je vhodné aplikovat transformace, jež uvažují nejen změny průměrů, ale i variability. Umožňuje to např. pokročilá přírůstková (Advanced Delta Change – ADC) metoda. Díky ADC metodě lze zahrnout do transformace i změnu variability. To zjednodušeně znamená, že extrémů se mohou měnit jinak než průměr, což správně reflektuje situaci, jak ji zaznamenáváme ve skutečném světě. Při odvození změn srážek z klimatického modelu ADC metoda uvažuje i systematické chyby simulace, které nemusejí být lineární. Další podrobnosti lze nalézt v práci van Pelt et al. [17]. Vývoj základní sady scénářů metodou ADC, stejně jako výběr a analýza pro účely tohoto projektu, byly prováděny iterativně a v úzké spolupráci týmů ÚVGVZ, ČZU a VÚV TGM.

Tyto scénáře získané v rámci projektů OPVVV SustES a OP JAK AdAgriF byly pro týmy v „Centru Voda“ upraveny do podoby vhodné pro zde využívané modelové nástroje a podrobně testovány. Ačkoli samotná příprava scénářů

a analýzy dat nebyla přímo součástí kontraktu pro „Centrum Voda“, je nezbytné tu základní popis metod zmínit. Současně platí, že jednotlivé simulační běhy v rámci kaskády modelů závlahových a hydrologických modelů jsou unikátní a využité pouze v rámci „Centra Voda“.

S ohledem na interpretaci výsledků je potřeba si uvědomit, že vedle referenčního období 1981–2010 pracujeme s 30letými časovými okny pro budoucí klima: 2020–2050 (označováno jako „2035“), 2030–2060 („2045“) a 2040–2070 („2055“). Období se navzájem překrývají. V rámci těchto časových oken lze vyhodnocovat statistické charakteristiky (včetně extrémů) za dané období. Podobně jako u simulací klimatických modelů zde nedává smysl analyzovat a prezentovat jednotlivé dny nebo roky, ale jen statistiky za celé období. Dlouhodobé trendy pak lze vyhodnocovat tak, že se na sebe napojují jednotlivá (klouzavá) období v budoucím klimatu. Ukázku výstupu pro vodní bilanci (tj. rozdíl ETref a srážek) ve vegetačním období zachycuje obr. 3.

Analýza potřeb vody pro rostlinnou výrobu

V rámci projektu byl využit model SoilClim využívaný mj. pro monitoring a předpověď sucha v systému www.intersucho.cz, který vychází z doporučené metodiky FAO [18] a ASCE [19]. Výstupy modelu SoilClim pro klimatologickou vodní bilanci byly v minulosti pro větší robustnost porovnány s modelem Českého hydrometeorologického ústavu AVISO s dobrou shodou (např. Štěpánek et al. [20]). Modelové odhady potřeby vody v modelu SoilClim byly provedeny pro každý grid s rozlišením 500 x 500 m na celém území ČR na základě denních meteorologických dat, údajů o sklonitosti a expozici pozemku (pro zohlednění radiační a energetické bilance), údajů o retenční schopnosti a hloubce půdy a případném vlivu podzemní vody. V individuálních případech byl výpočet omezen pouze na gridy se zemědělskou půdou, případně na zavlažovatelné gridy. Dynamika růstu vegetace v modelu SoilClim zohledňovala vazbu vývoje rostlin (ale i termínu setí/sázení/citlivých period/sklizně) na průběh počasí. Klíčové faktory ovlivňující potřebu vody (např. proměnlivá velikost listové plochy či hloubka kořenění) jsou zohledněny a mění se dynamicky během sezony. Pro případy výpočtu potřeby vody v očekávaném klimatu je zahrnut i vliv CO₂ na vodní režim rostlin. Na základě předchozích studií zabývajících se závlahami na našem území a rešerší světové odborné literatury byly stanoveny klíčové parametry vegetačního krytu, které reprezentovaly celkem 20 plodin/kulturních, z nichž ale některé byly posuzovány v různých režimech (např. sady s holou půdou nebo aktivním porostem v meziřadích). Bylo tak možné určit i relativní náročnost na vodu u jednotlivých kultur. Metodika zahrnuje posun nástupu fenologických prací, změny v termínech setí a sklizně, a tím i reflektuje posun v sezonalitě potřebnosti závlah.

Při stanovování potřeby vláhy byly všechny výpočty prováděny na úrovni jednotlivých gridů v denním kroku a závlahová dávka byla aplikována vždy, když nasycení aktuální kořenové vrstvy kleslo pod 30 % retenční kapacity, tj. byla dosažena hranice, kdy je voda pro rostliny relativně obtížně dostupná a jejich růst je následně významně limitován nedostatkem vláhy. Touto „udržovací“ závlahou je zaručeno přežití kultury. Zvláštní režim byl použit pro týdny, kdy hodnota součinitele efektivity závlahy převzatá z ČSN 75 0434 pro daný týden a danou plodinu indikovala součinitel efektivity vyšší než 40 (což znamená významný vliv závlahy na hospodářský výnos). V těchto případech bylo udržováno nasycení kořenové vrstvy na hodnotách alespoň 50% nasycení. Takto pojaté závlahy by byly relativně velmi efektivní.

Finální iterace stanovení závlahových zdrojů a potřeb

Aktuálně probíhá finální stanovení závlahových potřeb kaskádou modelů SoilClim a BILAN s využitím poznatků získaných ve spolupráci partnerů WPI. V současné

době byly pro každé ÚPOV provedeny výpočty možné zavlažovatelné plochy pro tyto vybrané komodity: ječmen jarní, pšenice ozimá, kukuřice, řepka ozimá, brambory rané, jabloně – holý povrch, jabloně – aktivní povrch, třešně – holý povrch, třešně – aktivní povrch, meruňky – holý povrch, meruňky – aktivní povrch, broskve – holý povrch, broskve – aktivní povrch, vinnice, chmelnice, jahody, česnek, cibule, mrkev, papriky, okurky, květák, zelí.

Po provedení všech výpočtů byla stanovena tato vláhová potřeba a v dalším kroku pracoval s daty tým VÚV TGM, a to nejen pro současné klima, ale pro nejaktuálnější scénáře změny klimatu vycházející ze sady modelů CMIP6. VÚV TGM na základě poskytnutých klimatických dat a půdní vlhkosti z modelu SoilClim pro současné i budoucí klima stanovil disponibilní vodní zdroje pro každý ÚPOV. VÚV TGM po dohodě s CzechGlobe provádí výpočty variantně, a to ve variantě počítající s tím, že s vodou je hospodařeno v celé soustavě (tedy máme k dispozici vodu z nádrží i z povodí výše po proudu), ale také ve variantě, kdy hospodaření s vodou je omezeno na daný ÚPOV. Z tohoto disponibilního množství lze např. odečíst zdroje na pokrytí ztrát při dopravě vody na zavlažované pozemky dle metodiky týmu ČVUT. Postupným iterativním výpočtem pak lze v každém ÚPOV dostupnou vodu rozdělit pro jednotlivé gridy tak, že nejprve byla voda distribuována na zavlažovatelné gridy, a to podle bonity půdy. Pokud voda v daném ÚPOV postačovala na pokrytí požadavků všech zavlažovatelných gridů, byla následně vláha distribuována na další gridy opět podle bonity. Výsledkem výpočtu je potenciálně zavlažovatelná plocha, a to jak v běžném roce, tak v případě 5- a 10letého sucha. Samotný výpočet závlahové potřeby jednotlivých komodit je dynamický a vychází z analýzy potřeby vláhy dané komodity v kořenové vrstvě. Závlaha je indikována v případě, že půdní vlhkost v kořenové vrstvě klesne pod 0,3. Zavlažovatelná plocha pak byla stanovena nově ve spolupráci ČVUT, VÚV TGM a CzechGlobe a současně byly na základě analýzy ČVUT změněny parametry výpočtu ztrát závlahové vody jako součet ztrát na vedení a závlahovém detailu.

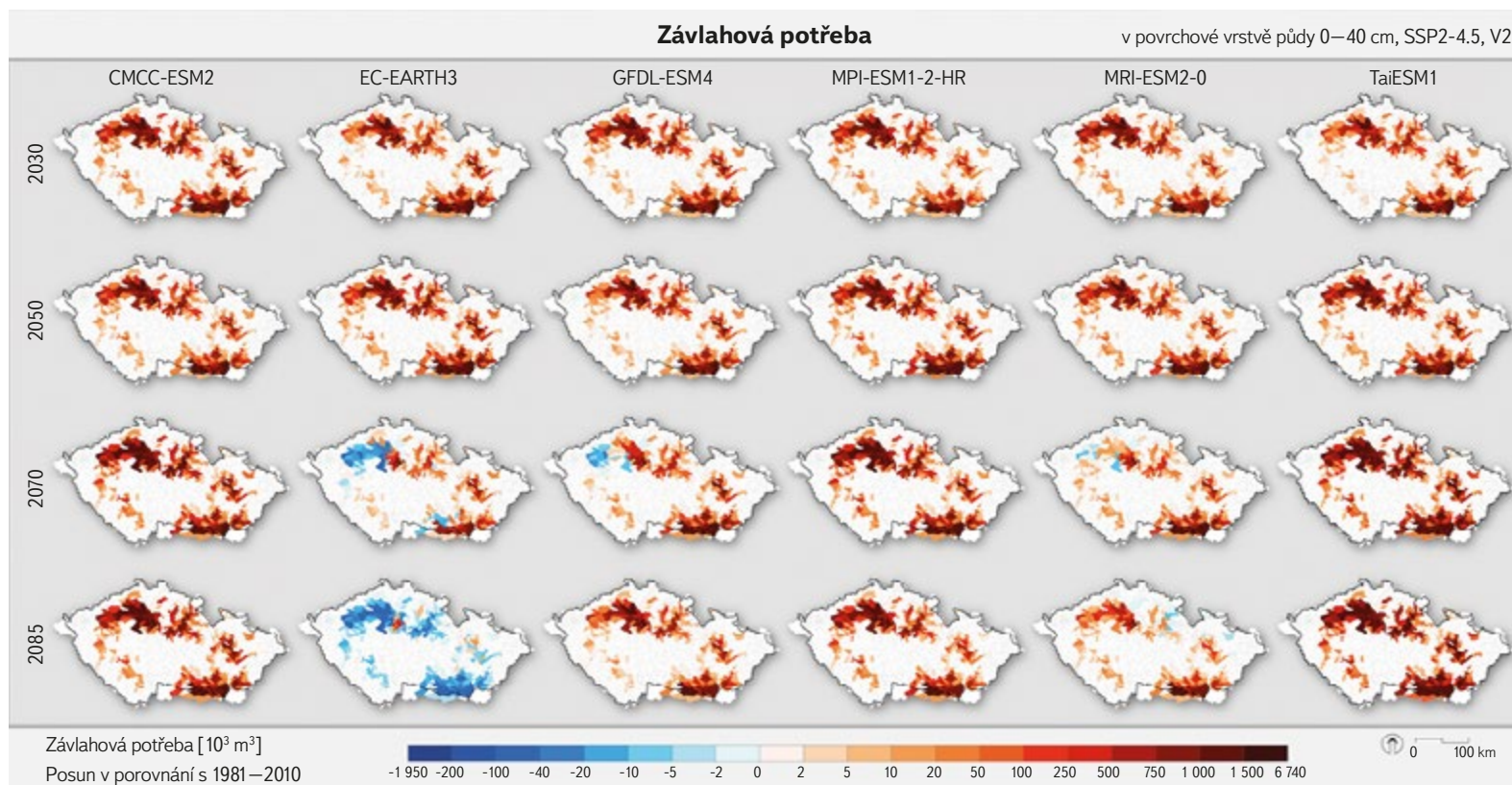
KZ = K₁ + K₂

Hodnota K₁ byla definována jako 0,12 (tj. 12 %) a hodnota K₂ byla stanovena podle následující tab. 2. V závislosti na plodině je tak nově kalkulováno se ztrátou 17–37 %.

Tab. 2. Hodnota parametru K₂
Tab. 2. Value of parameter K₂

K ₂	Závlahový detail současný
1,05	Sady (broskvoně, jabloně, meruňky, třešně), vinnice, jahody, okurky, papriky, rajčata
1,15	Chmelnice, cibule, mrkev, rané brambory (kapková závlaha)
1,25	Rané brambory (postřik), vojtěška, kukuřice, zelí, květák

Tyto změny představují poměrně výrazný posun v celém metodickém postupu. Ve finálním výpočtu pak byly na potenciálně zavlažovaných plochách uplatněny osevní postupy podle dat z LPIS na základě reálných dat 2015–2023,



Obr. 4. Změna průměrné roční závlahové potřeby pro Útvary povrchových vod mezi referenčním obdobím (a) 1981–2010 a období 2030 (2015–2045); 2050 (2035–2065); 2070 (2055–2085) a 2085 (2070–2099), a to pro šest globálních cirkulačních modelů ze sady modelů CMIP6 pro emisní scénář SSP 2-4.5. Sada map ukazuje posun vláhové spotřeby v případě snahy o optimalizaci produkce

Fig. 4. Change in average annual irrigation demand for surface water bodies between the reference period (a) 1981–2010 and the periods 2030 (2015–2045); 2050 (2035–2065); 2070 (2055–2085) and 2085 (2070–2099), for the six Global Circulation Models from the CMIP6 model suite for the SSP 2-4.5 emission scenario. The set of maps shows the shift in moisture demand under production optimization efforts

kteřá zpracoval CzechGlobe. To umožnilo určit „reálnou“ potřebu vody v rámci závlahových soustav a následně standardizovat i výpočty pro budoucí klima. Výstupy společné práce jsou připravovány na publikaci v impaktovaném časopise (*Agricultural Water Management*).

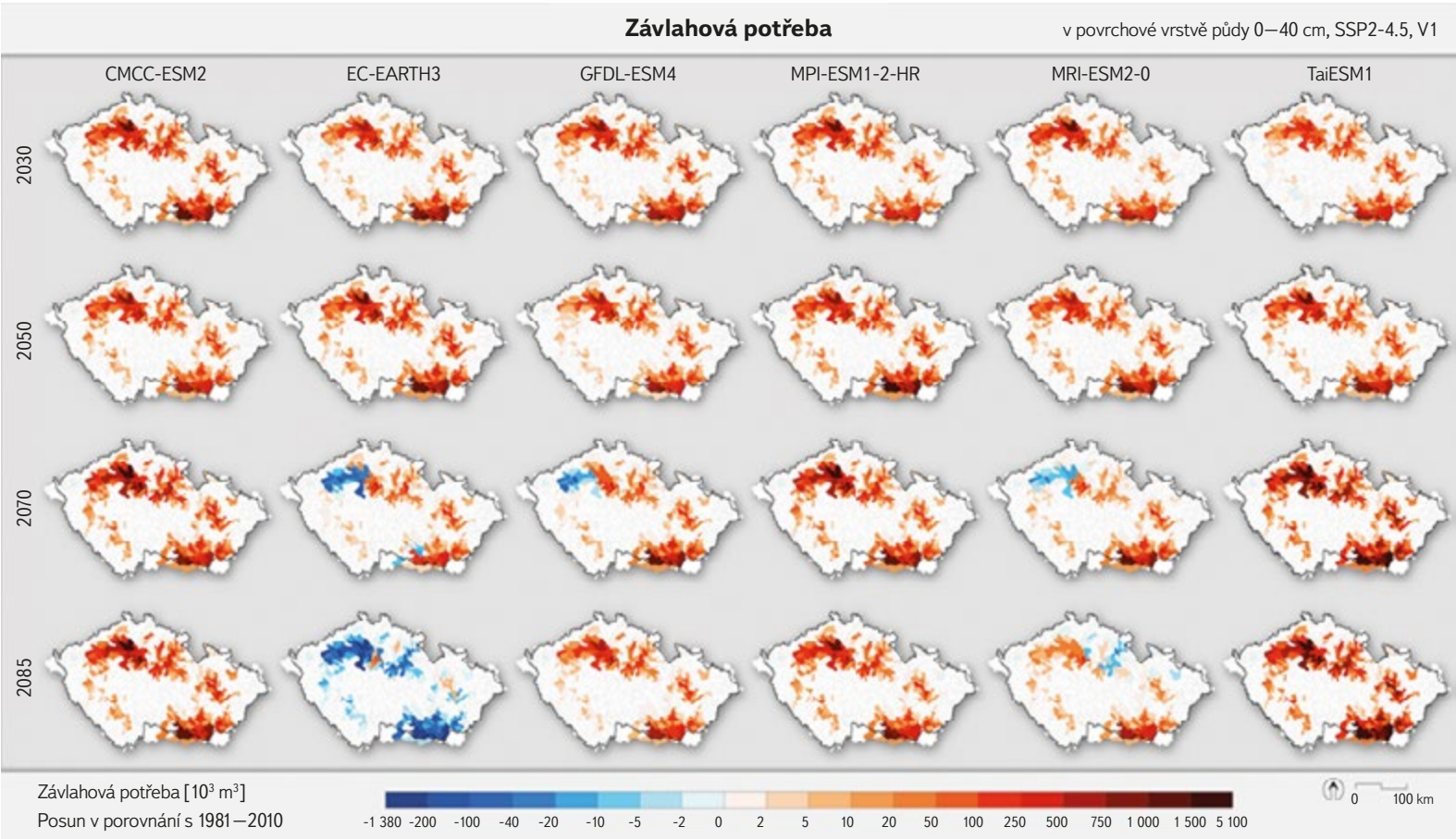
Finální výpočet vláhové potřeby tak kombinuje inovované postupy na základě platné ČSN 75 0434, praktické zkušenosti ze závlahové praxe a také reálné složení plodin v ÚPOV se závlahou, protože konkrétní využití závlah nelze prozatím jinak stanovit. Byly vytvořeny dva scénáře pro určení závlahových potřeb.

První vycházel z cíle maximalizovat produkci a nedovolit pokles nasycení půdního profilu pod bod snížené dostupnosti vláh, kdy na snížení dostupnosti vláh reagují rostliny snížením produkce (zjednodušeně řečeno). Druhý pak měl za cíl nedovolit pokles nasycení půdy pod hodnoty intenzivního vodního stresu, tedy situace, kdy je produkce rostlin výrazně snížena nedostatkem vláh. Zatímco první postup by směřoval k maximalizaci produkce v podmínkách omezených vodních zdrojů, druhý postup slouží především k udržení bazální úrovně produkce a vodní zdroje šetří v maximální možné míře. Z pohledu rentability je první ze zvolených postupů vhodný v situacích, kdy je vodních zdrojů v povodí dostatek, druhý lze chápat jako nouzový scénář, protože producentům nezaručuje přiměřený výnos, nicméně v řadě sezon, zvláště při kratších epizodách sucha, může zásadně přispět ke snížení škod při relativně menší spotřebě vláh.

Výpočty současně řešily zajištění vláhové potřeby pro variantu svrchních 40 cm nebo profilu do hloubky 100 cm. Na obr. 4 jsou prezentovány obě varianty pro zajištění vláh v odpovídajícím objemu v horních 40 cm profilu jako

změna potřeby oproti období 1981–2010 pro realistický emisní scénář SPSS 2-4.5. Zřetelné je vidět, že nelze na základě jednoho GCM modelu postihnout celé spektrum očekávaných změn a nelze to učinit ani na základě použití pouze jednoho emisního scénáře.

Výsledky zřetelně ukazují významnou variabilitu v běžích stejných GCM modelů pro různé emisní scénáře zvláště pro období 2015–2045 (2030) a 2035–2065 (2050). I v regionech, kde v průměru dochází ke snížení vláhové potřeby, nadále zůstává potřeba zavlažovat. Co však zůstává doposud nezodpovězenou otázkou, je dopad zatím neuvažované varianty vycházející z odhadu agro-ekonomického modelu GLOBIOM-CZ. Ten ukazuje na značnou komparativní výhodu české zemědělské produkce v očekávaných environmentálních podmínkách, a tudíž i možnost navzdory klimatické změně zvýšit svoji profitabilitu a tržní podíl českého zemědělství. Tedy situaci, kdy poměry na světových trzích budou ekonomicky příznivě nakloněny expanzi tuzemské produkce, a to potenciálně i bez intervence státu. Za takové situace nelze vyloučit tlak na využití možnosti dvou sklizní ročně, která při určité kombinaci dnes pěstovaných plodin a/nebo kombinaci vhodných odrůd bude v horizontu několika let/dekád možná. Nicméně úspěch druhé plodiny bude dán schopností včas sklídit plodinu první a zejména po zasetí zajistit dobré ujímání druhé plodiny ve vrcholu léta. To však bez dodatečné závlahy nebude ve většině let v nejteplejších oblastech Čech a Moravy možné.



Obr. 5. Změna průměrné roční závlahové potřeby pro Útvary povrchových vod mezi referenčním obdobím (a) 1981–2010 a obdobím 2030 (2015–2045); 2050 (2035–2065); 2070 (2055–2085) a 2085 (2070–2099) pro šest globálních cirkulačních modelů ze sady modelů CMIP6 pro emisní scénář SSP 2-4.5. Sada map znázorňuje změnu závlahové potřeby pro zabránění stresu suchem u pěstovaných kultur

Fig. 5. Change in average annual irrigation demand for surface water bodies between the reference period (a) 1981–2010 and the periods 2030 (2015–2045); 2050 (2035–2065); 2070 (2055–2085) and 2085 (2070–2099) for the six Global Circulation Models from the CMIP6 model suite for the SSP 2-4.5 emission scenario. The set of maps shows the change in irrigation demand to avoid drought stress for crops

Potřeba vody pro živočišnou výrobu

Cílem výzkumného směru řešitelů z ČZU, kterým je vývoj spotřeby vody hospodářskými zvířaty v ČR, je sestavit scénáře živočišné výroby v jednotlivých krajích ČR. Výsledkem je zjištění, jaká hospodářská zvířata v posledních 20 letech jsou a v následujících letech budou v jednotlivých oblastech chována a jaká bude jejich spotřeba vody, a to jak během celého roku, tak v jednotlivých ročních obdobích. Hospodářská zvířata, jako jsou krávy, prasata, ovce, kozy, koně a drůbež, jsou významným zdrojem komodit využívaných člověkem. V souvislosti s klimatickou změnou budou řešena adaptační opatření u hospodářských zvířat hlavně s ohledem na jejich zatížení způsobené nárůstem jarních a letních teplot. A také zvyšujícím se počtem několika za sebou jdoucích tropických dnů, přičemž takové podmínky způsobují u zvířat teplotní stres, který se projevuje např. u skotu nižší dojitostí i hmotnostními přírůsty [21]. Stresové podmínky se budou vyskytovat jak ve stájích, tak na pastvinách a bude pravděpodobně docházet ke snížení užitkovosti zvířat.

Hospodářská zvířata mají nezanedbatelnou spotřebu vody. Navíc se předpokládá, že rostoucí lidská populace a poptávka po živočišných produktech zvýší poptávku po vodě a že se budou celosvětově měnit vzorce srážek. Proto se

nabízí otázka, zda bude do budoucna dostatek dostupné vody a jaký vliv bude mít (ne)dostupnost vody na možnosti chovu hospodářských zvířat [22].

METODIKA

V rámci analýzy dat byla nejprve shromážděna data o počtech chovaných hospodářských zvířat v jednotlivých krajích ČR za období 2002–2020. Získané tabulky zahrnovaly údaje o počtu skotu, prasat, ovcí, koz, koní a drůbeže (tab. 3). Vzhledem k tomu, že byly v tabulkách navíc uvedeny počty krav, prasek a slepic, bylo nutné provést úpravu dat. Z celkových počtů skotu, prasat a drůbeže byly odečteny počty krav, prasnic a slepic, aby výsledné hodnoty odpovídaly počtu skotu bez krav, prasat bez prasnic a drůbeže bez slepic.

Tab. 3. Seznam chovaných zvířat (dle tabulek ČSÚ)
Tab. 3. List of breeding animals (according to CSU tables)

Název v tabulce	Definice
Skot	Domácí zvířata druhu tur domácí (<i>Bos taurus</i>) (bez krav).
Krávy	Samice skotu, které se již otelily (včetně těch, jež se otelily dříve než ve věku dvou let).
Prasata	Domácí zvířata poddruhu prase domácí (<i>Sus scrofa domestica</i>) (bez prasnic).
Prasnice	Samice prasat, které se již opрасily. Nezahrnuje vyřazené prasnice.
Ovce	Domácí zvířata druhu ovce domácí (<i>Ovis aries</i>).
Kozy	Domácí zvířata poddruhu koza domácí (<i>Capra aegagrus hircus</i>).
Koně	Domácí zvířata druhu kůň domácí (<i>Equus caballus</i>).
Drůbež	Domácí ptáci druhu kur domácí (<i>Gallus gallus</i>), rodu krocan (<i>Meleagris</i> spp.), rodu kachna (<i>Anas</i> spp.), druhu pižmovka velká (<i>Cairina moschata</i>) a poddruhu husa velká domácí (<i>Anser domesticus</i>).
Slepice	Samice kura domácího nosného i masného typu, jež dosáhly snáškové zralosti.

Tab. 4. Spotřeba vody jednotlivých druhů chovaných zvířat (dle normativů)
Tab. 4. Water consumption by species (according to standards)

		Skot	Krávy	Prasata	Prasnice	Ovce + kozy	Koně	Slepice [tis. ks]	Brojleři [tis. ks]	Kachny + husy [tis. ks]	Krůty [tis. ks]
Průměrná spotřeba vody jedním zvířetem [l/kus/den]	Jaro	49,00	126,25	4,75	14,67	3,00	38,75	230	110	500	550
	Léto	60,00	170,00	6,00	17,33	4,25	47,50	280	120	450	575
	Podzim	49,00	126,25	4,75	14,67	3,00	38,75	230	110	500	550
	Zima	38,00	82,50	3,50	12,00	1,75	30,00	180	100	550	600
Průměrná spotřeba vody jedním zvířetem [l/kus/období]	Jaro	4 557	11 741	442	1 364	279	3 604	21 390	10 230	46 500	51 150
	Léto	5 580	15 810	558	1 612	395	4 418	26 040	11 160	41 850	53 475
	Podzim	4 410	11 363	428	1 320	270	3 488	20 700	9 900	45 000	49 500
	Zima	3 382	7 343	312	1 068	156	2 670	16 020	8 900	48 950	53 400
Průměrná spotřeba vody jedním zvířetem [m³/kus/rok]		17,93	46,26	1,74	5,36	1,10	14,18	84,15	40,19	182,30	207,53
Maximální spotřeba vody jedním zvířetem [m³/kus/rok]		21,90	62,05	2,19	6,33	1,55	17,34	102,20	43,80	20,75	219,00

V dalším kroku bylo nutné zjistit spotřebu vody pro hospodářská zvířata [22]. V celkové tabulce je spotřeba vody rozdělena pro mladé jedince, pro kojící/laktující samice a pro vykrmovaná zvířata. Vždy je uvedena minimální a maximální spotřeba vody v litrech na kus za den a také maximální spotřeba v metrech krychlových na kus za rok. Minimální spotřeba vody za den se týká zimních měsíců, maximální spotřeba vody za den letních měsíců. Jako spotřeba vody

za den během jarních a podzimních měsíců byl určen průměr z této minimální a maximální hodnoty (tab. 4). Byla vypočítána také průměrná spotřeba vody jedním zvířetem během ročních období (v jednotkách l/kus/období), průměrná spotřeba vody jedním zvířetem (v jednotkách l/kus/rok a m³/kus/rok) a také maximální spotřeba vody jedním zvířetem (v jednotkách m³/kus/rok) (tab. 4).

Jelikož mezi drůbež patří nejen slepice, ale také kachny, krůty a husy, jež mají různou spotřebu vody, bylo nutné zjistit přibližné procentuální zastoupení jednotlivých druhů zvířat v ČR. K tomu byla využita *Situační a výhledová zpráva Drůbež a vejce* (dostupná na: <https://mze.gov.cz/public/portal/mze/publikace/situacni-vyhledove-zpravy/zivocisne-komodity-hospodarska-zvirata/drubez-a-vejce>), na jejímž základě bylo vypočítáno procentuální zastoupení chovaných druhů drůbeže v letech 2010–2018. V dalším kroku byla vynásobením počtu kusů jednotlivých druhů hospodářských zvířat a průměrné (případně maximální) spotřeby vody jedním kusem jednotlivého druhu hospodářského zvířete zjištěna spotřeba vody jednotlivými druhy hospodářských zvířat a po sečtení údajů byla stanovena celková spotřeba vody hospodářskými zvířaty za rok. Toto bylo vypočítáno pro každý rok v období 2002–2018 a pro každý kraj zvlášť. Odhad počtu jednotlivých druhů hospodářských zvířat a spotřeby vody byl učiněn pro roky 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 a 2050 pomocí nástroje List prognózy. Nástroj vypočítal průměrný odhad a jeho dolní a horní

hranici. Odhady proběhly opět pro každý kraj zvlášť. Pro výpočet spotřeby vody hospodářskými zvířaty během jednotlivých ročních období byla nejprve zjištěna průměrná procentuální spotřeba vody v těchto obdobích vůči celému roku, což bylo 25,34 % pro jaro, 30,19 % pro léto, 24,53 % pro podzim a 19,94 % pro zimu. Poté byla vypočítána spotřeba vody v jednotlivých ročních obdobích na základě zjištěných hodnot pro celý rok, a to pro roky 2005, 2010, 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 a 2050.

VÝSLEDKY

Počty kusů hospodářských zvířat a průměrná spotřeba vody za rok pro jednotlivé kraje

Výsledné hodnoty a závěry platí vždy pro rok 2050 oproti roku 2005.

Tab. 5. Počty zvířat a průměrná spotřeba vody (m³/rok) pro jednotlivé skupiny zvířat
Tab. 5. Number of animals and average water consumption (m³/year) for each animal group

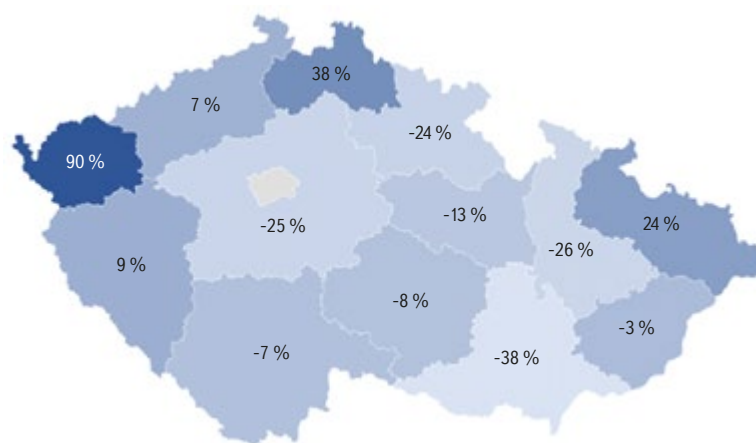
	Počet kusů					Průměrná spotřeba vody [m³/rok]				
	2005	2020	2035	2050	[%]	2005	2020	2035	2050	[%]
Jihočeský kraj										
Skot	211 413	219 914	221 264	222 448	+5,22 %	6 294 977	6 518 437	6 585 213	6 649 032	+2,00 %
Prasata	348 209	85 091	0	0	-100 %	709 413	172 383	0	0	-100 %
OKK	25 861	36 721	51 972	66 772	+158,19 %	66 349	105 865	148 887	189 112	+78,63 %
Drůbež [tis. ks]	4 647	1 869	0	0	-100 %	243 936	99 817	0	0	-100 %
Celkem	-	-	-	-	-	7 314 677	6 896 502	6 734 100	6 838 144	-0,85 %
Jihomoravský kraj										
Skot	75 511	64 374	57 348	50 188	-33,53 %	2 195 581	1 900 160	1 909 400	1 912 454	-12,89 %
Prasata	433 761	126 594	0	0	-100 %	888 974	241 950	0	0	-100 %
OKK	5 842	12 845	19 731	26 788	+358,54 %	24 109	36 625	46 747	58 072	+140,88 %
Drůbež [tis. ks]	4 303	4 037	2 251	1 189	-72,37 %	220 335	214 769	131 944	86 009	-60,96 %
Celkem	-	-	-	-	-	3 328 999	2 393 504	2 088 091	2 056 536	-38,22 %
Karlovarský kraj										
Skot	34 689	43 021	56 242	69 167	+99,39 %	1 054 921	1 343 166	1 790 120	2 199 331	+108,48 %
Prasata	42 349	16 435	0	0	-100 %	85 902	28 725	0	0	-100 %
OKK	15 987	15 373	18 671	21 704	+35,76 %	32 535	34 384	42 298	48 239	+48,27 %
Drůbež [tis. ks]	249	249	179	202	-18,87 %	16 123	18 439	15 096	17 027	+5,61 %
Celkem	-	-	-	-	-	1 189 481	1 424 713	1 847 514	2 264 597	+90,39 %
Kraj Vysočina										
Skot	218 625	218 641	217 181	216 175	-1,12 %	6 366 182	6 402 983	6 421 984	6 461 977	+1,50 %
Prasata	391 482	319 055	158 107	63 395	-83,81 %	790 335	620 526	274 909	110 227	-86,05 %
OKK	9 344	18 312	33 209	44 828	+379,75 %	19 656	44 862	77 835	107 202	+445,40 %
Drůbež [tis. ks]	1 231	391	0	0	-100 %	61 866	20 309	0	0	-100 %
Celkem	-	-	-	-	-	7 238 039	7 088 680	6 774 728	6 679 407	-7,72 %

	Počet kusů					Průměrná spotřeba vody [m³/rok]				
	2005	2020	2035	2050	[%]	2005	2020	2035	2050	[%]
Královéhradecký kraj										
Skot	109 527	101 233	90 676	80 119	-26,85 %	3 236 934	2 990 927	2 690 593	2 390 258	-26,16 %
Prasata	209 737	56 489	0	0	-100 %	424 888	110 020	0	0	-100 %
OKK	11 380	20 991	31 570	42 137	+270,27 %	31 953	60 665	87 347	113 942	+256,59 %
Drůbež [tis. ks]	1 520	2 749	3 554	4 572	+200,80 %	95 048	185 492	269 748	362 159	+281,03 %
Celkem	-	-	-	-	-	3 788 824	3 347 105	3 047 688	2 866 359	-24,35 %
Liberecký kraj										
Skot	38 051	48 729	55 134	61 289	+61,07 %	1 187 320	1 456 722	1 567 575	1 669 691	+40,63 %
Prasata	43 166	19 005	426	0	-100 %	86 050	37 885	2 283	0	-100 %
OKK	10 117	19 637	34 390	49 144	+385,76 %	29 426	55 422	96 778	138 138	+369,44 %
Drůbež [tis. ks]	112	75	49	25	-77,39 %	6 272	3 589	2 230	1 164	-81,43 %
Celkem	-	-	-	-	-	1 309 067	1 553 618	1 668 866	1 808 994	+38,19 %
Moravskoslezský kraj										
Skot	80 661	86 747	107 606	127 994	+58,68 %	2 464 819	2 664 950	3 093 312	3 511 096	+42,45 %
Prasata	149 142	37 905	0	0	-100 %	303 019	73 919	0	0	-100 %
OKK	14 233	21 126	30 089	38 949	+173,65 %	39 983	59 454	82 495	104 580	+161,56 %
Drůbež [tis. ks]	1 645	945	159	0	-100 %	96 384	60 672	13 382	0	-100 %
Celkem	-	-	-	-	-	2 904 205	2 858 995	3 189 189	3 615 676	+24,50 %
Olomoucký kraj										
Skot	96 851	93 149	85 032	77 477	-20,00 %	2 860 439	2 786 049	2 585 676	2 411 287	-15,70 %
Prasata	215 185	68 370	0	0	-100 %	435 891	134 489	0	0	-100 %
OKK	7 243	12 169	18 228	24 232	+234,56 %	22 838	37 647	53 532	68 662	+200,65 %
Drůbež [tis. ks]	613	425	176	56	-90,89 %	36 317	24 412	8 106	2 567	-92,93 %
Celkem	-	-	-	-	-	3 355 484	2 982 596	2 647 313	2 482 516	-26,02 %
Pardubický kraj										
Skot	121 379	113 308	105 299	97 289	-19,85 %	3 574 579	3 310 899	3 044 693	2 778 487	-22,27 %
Prasata	193 783	163 130	145 235	130 498	-32,66 %	391 870	318 677	264 300	226 904	-42,10 %
OKK	10 741	15 417	22 192	29 029	+170,27 %	34 703	52 271	68 545	85 715	+147,00 %
Drůbež [tis. ks]	1 560	4 240	6 233	8 018	+414,11 %	94 885	263 251	366 548	460 276	+385,09 %
Celkem	-	-	-	-	-	4 096 037	3 945 098	3 744 086	3 551 382	-13,30 %
Plzeňský kraj										
Skot	155 285	161 706	164 925	168 042	+8,22 %	4 566 030	4 856 781	5 077 715	5 296 814	+16,00 %
Prasata	212 974	112 189	3 200	0	-100 %	433 511	218 694	17 165	0	-100 %
OKK	16 985	20 335	14 389	7 585	-55,34 %	36 811	55 536	63 445	69 851	+89,76 %
Drůbež [tis. ks]	1 869	2 837	2 989	3 374	+80,50 %	96 683	177 010	192 358	228 571	+136,41 %
Celkem	-	-	-	-	-	5 133 035	5 308 022	5 350 683	5 595 237	+9,00 %

	Počet kusů					Průměrná spotřeba vody [m³/rok]				
	2005	2020	2035	2050	[%]	2005	2020	2035	2050	[%]
Praha + Středočeský kraj										
Skot	154 934	148 749	133 779	117 284	-24,30 %	4 479 486	4 364 063	3 978 862	3 523 076	-21,35 %
Prasata	415 646	315 113	155 118	13 142	-96,84 %	843 429	613 222	269 712	22 850	-97,29 %
OKK	15 780	36 062	60 524	85 069	+439,09 %	54 096	153 035	245 156	338 955	+526,58 %
Drůbež [tis. ks]	4 907	5 264	5 359	5 475	+11,57 %	269 672	313 540	339 718	366 047	+35,74 %
Celkem	-	-	-	-	-	5 646 683	5 443 860	4 833 447	4 250 928	-24,72 %
Ústecký kraj										
Skot	39 652	41 484	40 006	38 340	-3,31 %	1 176 507	1 241 420	1 227 577	1 210 375	+2,88 %
Prasata	116 604	108 400	145 812	182 292	+56,33 %	236 946	212 951	260 230	316 960	+33,77 %
OKK	13 033	17 347	28 850	37 470	+187,50 %	27 467	49 961	83 890	111 244	+305,01 %
Drůbež [tis. ks]	1 531	489	0	0	-100 %	94 653	22 931	0	0	-100 %
Celkem	-	-	-	-	-	1 535 574	1 527 263	1 571 697	1 638 580	+6,71 %
Zlínský kraj										
Skot	60 730	63 062	64 215	65 434	+7,74 %	1 846 582	1 934 708	1 956 930	2 003 772	+8,51 %
Prasata	104 796	71 531	28 053	0	-100 %	214 733	141 449	48 777	0	-100 %
OKK	16 835	24 283	35 963	47 728	+183,51 %	39 706	50 083	66 534	83 078	+109,23 %
Drůbež [tis. ks]	1 184	677	0	0	-100 %	61 036	35 055	0	0	-100 %
Celkem	-	-	-	-	-	2 162 057	2 161 295	2 072 241	2 086 850	-3,48 %
Poznámka: OKK je zkratka pro ovce, koně a kozy. Procenta (%) jsou počítána jako přírůstek/úbytek počtu kusů nebo průměrné spotřeby vody od roku 2005 do roku 2050. Např. hodnota +5,22 % znamená, že v roce 2050 se předpokládá nárůst počtu zvířat o 5,22 % oproti roku 2005.										

Vývoj spotřeby vody hospodářskými zvířaty byl predikován pro každý kraj zvlášť, přičemž trendy se napříč jednotlivými kraji různí. Setrvalý stav spotřeby vody hospodářskými zvířaty je předpokládán pro Jihomoravský, Ústecký a Zlínský kraj a Kraj Vysočina, mírný nárůst je očekáván v Jihočeském a Plzeňském kraji, výrazný nárůst spotřeby vody je predikován pro Karlovarský, Liberecký a Moravskoslezský kraj a budoucí pokles spotřeby vody hospodářskými zvířaty pak v Královéhradeckém, Olomouckém, Pardubickém kraji a také v Praze a ve Středočeském kraji. Trendy spotřeby vody v jednotlivých krajích jsou shodné jak pro průměrnou, tak i pro maximální spotřebu vody hospodářskými zvířaty (obr. 6).

Výsledky poukazují na významné rozdíly ve spotřebě vody mezi regiony, což je ovlivněno jak specifickými podmínkami v každém kraji, tak typem a počtem chovaných zvířat (obr. 6). Prognózy pro období 2025–2050 upozorňují na možné změny v zemědělských chovech, které budou mít dopad na budoucí potřebu vody. Detailní popis výsledků byl publikován v metodice [22] nazvané *Metodika hodnocení spotřeby vody hospodářskými zvířaty v letech 2002–2020 a predikce vývoje spotřeby vody hospodářskými zvířaty v letech 2030, 2035, 2040, 2045 a 2050 v jednotlivých krajích ČR*, vydané ČZU [22]. Tato publikace poskytuje podrobný přehled o metodologii a prognózách, které byly použity v této studii a jsou klíčové pro další rozvoj a plánování vodního hospodářství v ČR.

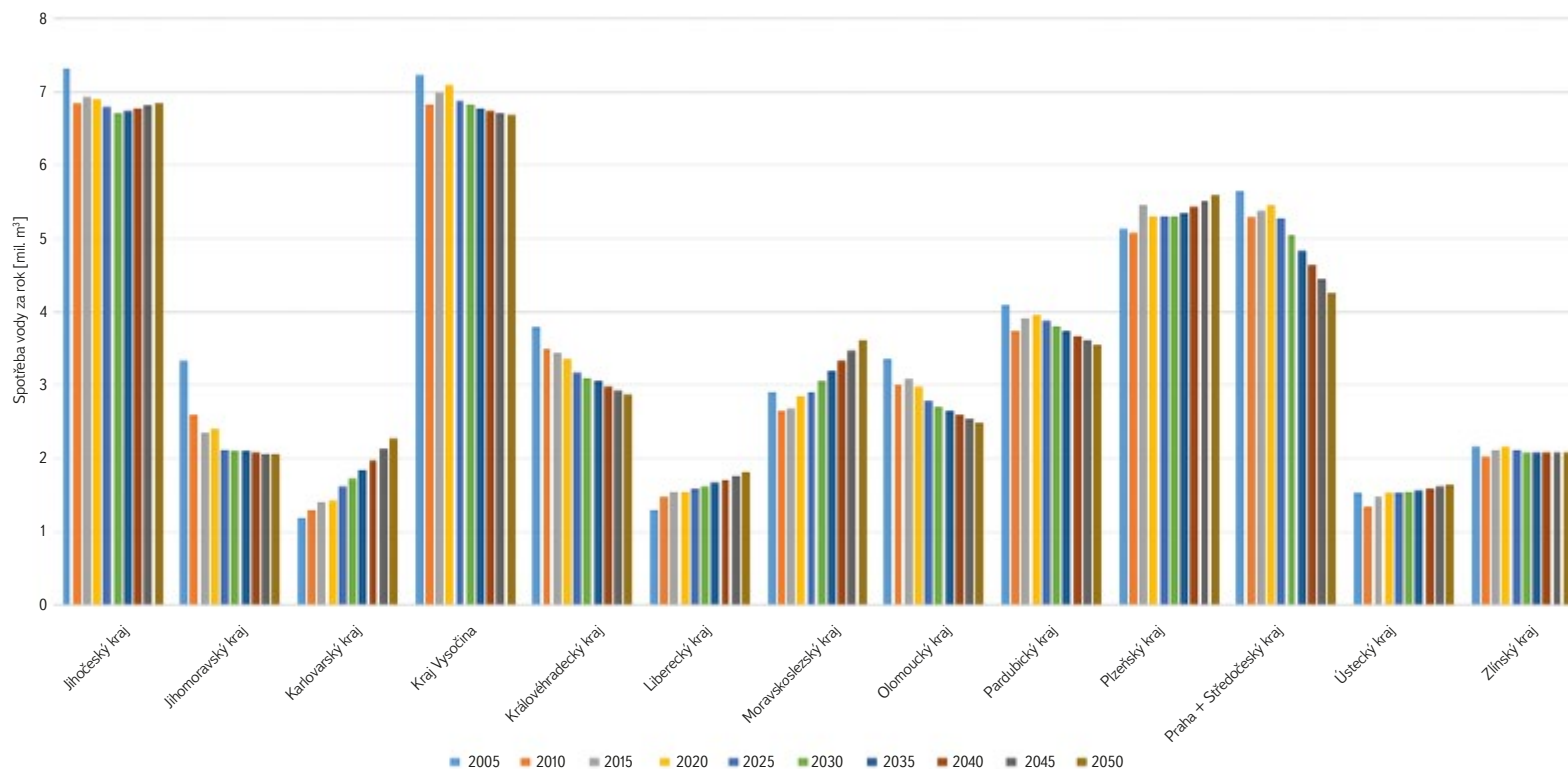


Obr. 6. Procentuální změna v průměrné spotřebě vody v jednotlivých krajích ČR v roce 2050 oproti roku 2005

Fig. 6. Percentage change in average water consumption in individual regions of the Czech Republic in 2050 compared to 2005

ZÁVĚR

V rámci této analýzy byly vyhodnoceny počty chovaných kusů skotu, prasat, ovcí, koní, koz a drůbeže (slepice, kachny, krůty, husy) v letech 2002–2020



Obr. 7. Průměrná spotřeba vody v jednotlivých krajích v letech 2005–2050

Fig. 7. Average water consumption by region 2005–2050

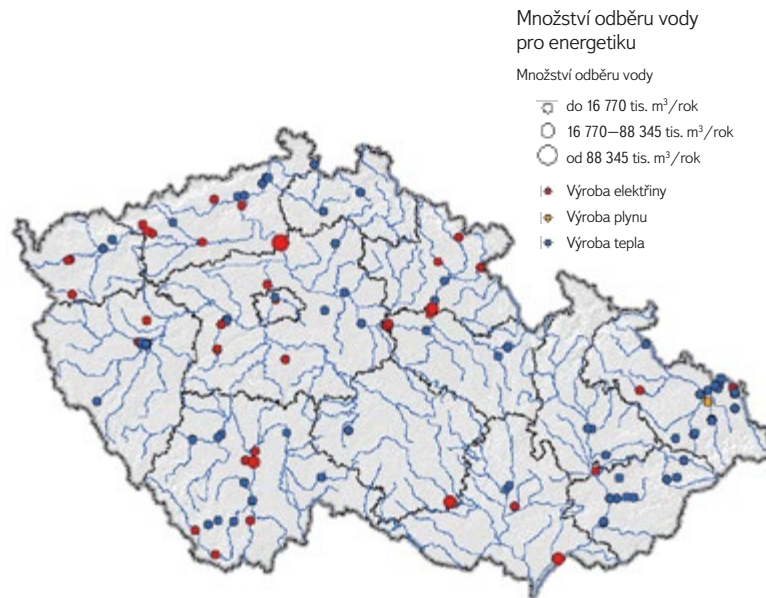
a byla také provedena predikce jejich počtu v následujících letech do roku 2050 (obr. 7). Na základě zjištěných počtů kusů chovaných hospodářských zvířat byla stanovena i jejich spotřeba vody. Do roku 2050 se očekává výrazné omezení chovu prasat a drůbeže ve většině krajů ČR a naopak výrazný nárůst počtu chovaných kusů ovcí, koní a koz. Toto pravděpodobně souvisí s dotacemi chovů těchto zvířat. Počty chovaných kusů skotu budou v některých krajích růst a v jiných klesat. Výrazně vyšší spotřeba vody hospodářskými zvířaty je očekávána v Karlovarském, Libereckém a Moravskoslezském kraji, v ostatních krajích bude spotřeba nejspíše podobná nebo nižší. Ve velmi zranitelných oblastech z hlediska nedostatku vody, jako je jižní Morava a Středočeský kraj, je pravděpodobný výrazný úbytek množství spotřebované vody hospodářskými zvířaty.

Analýza potřeb vody pro energetiku

METODIKA

Pro odhad potřeby vody v energetickém sektoru v ČR použili řešitelé z VÚVTGM systematický přístup, který obnáší sběr dat, analýzu současných podmínek a predikci budoucích potřeb.

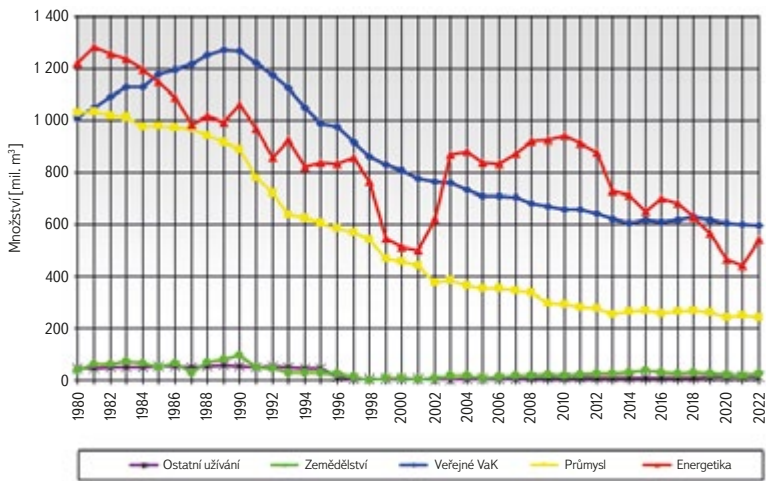
1. Sběr dat – zahrnuje shromáždění údajů o spotřebě vody v různých odvětvích energetického sektoru a identifikaci klíčových objektů spotřeby.
2. Analýza dat o dosavadním užívání vody v sektoru energetika: Tato fáze se soustředila na zhodnocení historických dat a aktuálního stavu užívání vody v energetickém sektoru.



Obr. 8. Místa odběrů povrchové a odběrů podzemní vody pro energetiku v letech 2013–2022 – rozlišení dle množství a druhu výroby

Fig. 8. Surface and groundwater abstraction locations for energy in 2013–2022 – differentiation by quantity and type of production

3. Predikce budoucích potřeb – zahrnuje predikci budoucí spotřeby vody s ohledem na plánované změny v energetickém mixu, včetně přechodu na obnovitelné zdroje a modernizaci technologií.



Obr. 9. Odběry podzemních a povrchových vod v ČR v letech 1980–2022
Fig. 9. Groundwater and surface water abstractions in the Czech Republic 1980–2022

SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

1.

Sběr dat: Byla shromážděna a vyhodnocena data o odběrech povrchových a podzemních vod pro energetiku podle typu výroby (výroba elektřiny, výroba tepla, výroba plynu) za období 2013–2022, evidovaných na základě vyhlášky č. 431/2001 Sb., státními podniky Povodí. Bylo vybráno celkem 124 objektů splňujících výše uvedené podmínky a dále splňujících limit odebrané vody nad 6 000 m³/rok nebo 500 m³/měsíc. Místa odběrů jsou znázorněna na obr. 8.
2.

Analýza dat o dosavadním užívání vody v sektoru energetika: Z dat je mj. patrné, že pro energetiku jsou odebírány především povrchové vody. Dále je možné sledovat od roku 2016 klesající tendenci spotřeby vody pro energetiku, např. v roce 2020 došlo k poklesu odběru vody z důvodu přechodu na cirkulační chlazení u elektráren Mělník a Opatovice. Naopak v roce 2022 došlo u elektrárny Mělník a Opatovice k výraznému nárůstu odběru vody pro průtočné chlazení, kdy vzhledem k energetické krizi na evropském trhu, vyvolané ruskou agresí na Ukrajině, a následným nedostatkem zemního plynu výrazně narostla kondenzační výroba elektřiny získávaná z uhlí. Tyto příklady ukazují, že náhlé a nepředvídané události mohou mít na spotřebu vody pro energetiku výrazný vliv. Přehled o dosavadním užívání vody v sektoru energetika za období 1980–2022 v porovnání s ostatními sektory ukazuje obr. 9.
3.

Predikce budoucích potřeb: Základním scénářem, který stanovuje dlouhodobé cíle a směřování v oblasti energetiky na úrovni státu, je *Státní energetická koncepce* (SEK). Jde o klíčový strategický dokument, jehož hlavním účelem je zajistit stabilitu, bezpečnost a udržitelnost energetického sektoru v dlouhodobém horizontu, což má zásadní dopad na ekonomiku, životní prostředí i sociální aspekty. SEK formuluje priority v oblasti výroby a spotřeby energie, stanovuje směřování v oblasti energetických zdrojů, kdy na základě přísnějších environmentálních předpisů dojde ke stanovení preferovaných či naopak nepreferovaných zdrojů energie. Do redakční uzávěrky tohoto článku nebyla prozatím připravovaná nová SEK schválena (dne 17. července 2024 bylo vládou její schválení odloženo). Autoři tohoto článku proto vycházejí ve svých predikcích ze zveřejněného dokumentu MPO „Aktualizace Státní energetické koncepce ze dne 8. února 2024“ [23]. Podle tohoto dokumentu zatím neschválená SEK předpokládá snižování využívání uhlí – zejména v souvislosti s výrobou elektřiny a tepla – s tím, že po roce 2033 se spotřeba uhlí omezí pouze na neenergetické využití (viz tab. 6 a 7). Na základě těchto dostupných informací byla predikována potřeba vody dle budoucích provozovaných energetických zdrojů.

Tab. 6. Koridory pro primární energetické zdroje (v poměru k jejich celkové roční spotřebě)
Tab. 6. Corridors for primary energy sources (relative to their total annual consumption)

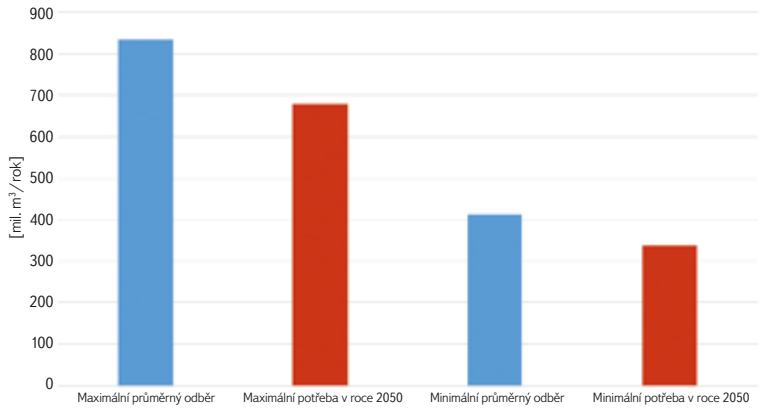
Druh energie	Minimum	Maximum
Rok 2050		
Uhlí a uhelné deriváty	3 %	4 %
Zemní plyn	7 %	7 %
Ropa a ropné produkty	12 %	13 %
Jaderná energie	32 %	42 %
Obnovitelné zdroje	36 %	44 %

Tab. 7. Koridory pro hrubou výrobu elektřiny (v poměru k objemu celkové roční výroby)
Tab. 7. Corridors for gross electricity generation (relative to total annual generation)

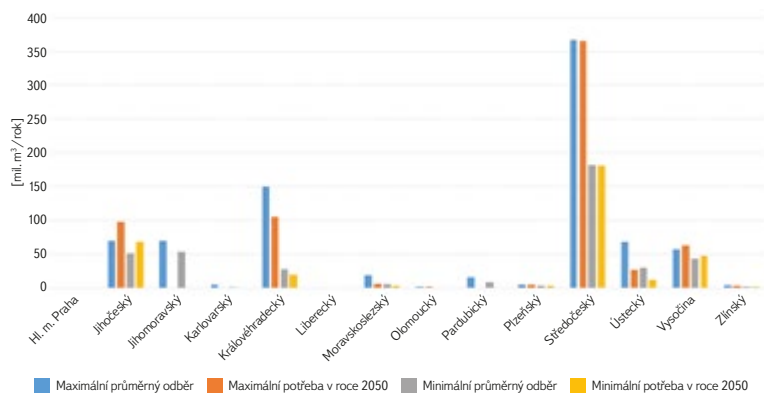
Druh energie	Minimum	Maximum
Rok 2050		
Uhlí a uhelné deriváty	0 %	0 %
Zemní plyn	0 %	0 %
Ropa a ropné produkty	36 %	50 %
Jaderná energie	43 %	56 %
Ostatní	7 %	8 %

Souhrnně se dá předpokládat, že bude ukončen provoz více než třetiny tepelných elektráren spalujících uhlí a ty, které zůstanou, přejdou na spalování biomasy. Dále dojde k navýšení spotřeby vody pro jaderné elektrárny Temelín a Dukovany. U většiny tepláren se pak předpokládá, že po nutné modernizaci v provozu zůstanou a budou spalovat biomasu.

Vlastní stanovení predikce probíhalo tak, že bylo vypočteno průměrné maximální a minimální odebrané množství za období 2013–2022 pro jednotlivé odběratele. U každého odběrného místa byl určen index budoucí potřeby, kterým pak bylo přepočteno průměrné maximální a minimální množství na potřebu v roce 2050. U maximální a minimální odhadované potřeby činí pokles odběrů povrchové a podzemní vody cca 18 %. Na obr. 10 je znázorněno porovnání mezi maximálními a minimálními průměrnými odběry pro energetiku za roky 2013–2022 a predikcí pro rok 2050. Na obr. 11 je dále zobrazeno toto porovnání v členění dle krajů.



Obr. 10. Maximální a minimální průměrné odběry povrchové a podzemní vody pro energetiku za roky 2013–2022 vs. odhad minimálních a maximálních odběrů pro energetiku v roce 2050
Fig. 10. Maximum and minimum average surface water and groundwater abstractions for energy for 2013–2022 vs. estimated minimum and maximum abstractions for energy in 2050



Obr. 11. Maximální a minimální průměrné povrchové a podzemní vody pro energetiku za roky 2013–2022 vs. odhad minimálních a maximálních odběrů pro energetiku v roce 2050 dle krajů
Fig. 11. Maximum and minimum average surface water and groundwater abstraction for the power sector for the years 2013–2022 vs. estimated minimum and maximum abstraction for the power sector in 2050 by region

ZÁVĚRY A NEJISTOTY

Odhad spotřeby vody pro energetiku indikuje snížení potřeby vody pro tento sektor oproti současnému stavu. Snížení potřeby vody k roku 2050 bude činit cca 18 %. I přes velkou míru nejistoty, která je dána už samotným termínem predikce, jsou však tyto hodnoty reálné. Dále se předpokládá, že vzhledem k náročnosti výstavby velkých staveb nedojde k významnému přesunu výroby energie mezi regiony. Podobně jako v jiných odvětvích, i v případě predikce potřeby vody pro energetiku jsou zde nejistoty, do nichž se promítají faktory mající vliv na potřebu vody nyní i v budoucnu. S výhledem k roku 2050 se očekává nárůst poptávky výroby elektřiny, který bude přímým důsledkem vyššího využívání elektřiny, než je tomu dnes (elektromobilita, tepelná čerpadla, klimatizace apod.). Na druhé straně se předpokládá navýšení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (solární elektrárny, větrné elektrárny apod.), přičemž tyto obnovitelné zdroje nemají na potřebu vody vliv. Mezi obecné faktory, které mají vliv na potřebu vody, patří zejména použitá technologie, instalovaný výkon elektrárny či teplárny, efektivita chlazení nebo využití recyklačních technologií. Z hlediska přírodních zdrojů jsou to především srážky a teplota vzduchu, kdy snížení množství srážek a nárůst teploty mohou ovlivnit jak dostupnost vody pro chlazení, tak i nároky na potřebné množství odebírané vody. Delší období sucha by pak mohla mít za následek snížení hladin vodních zdrojů, a tím zvýšení teploty vody, což opět zvýší nároky na potřebu vody pro chlazení. Z hlediska legislativy jsou to zákony a předpisy vztahující se k využívání vody, jež ovlivňují provoz energetických zařízení, zatímco regulace týkající se ochrany životního prostředí mohou vyžadovat efektivnější využití vody. Z hlediska ekonomického je to také cena vody a náklady na její úpravu, které ovlivní rozhodování o typech energetických zdrojů a technologiích. S ohledem na probíhající změny je pak důležité vývoj této problematiky průběžně monitorovat a predikce pravidelně aktualizovat.

Analýza potřeb vody pro lidskou spotřebu

Řešitelé z VÚV TGM zjistili, že odběry vody pro veřejné vodovody se – podle údajů evidovaných pro potřebu sestavení vodní bilance podle vyhlášky 431/2021 Sb. – v současnosti podílejí na celkových odběrech vody cca 40 %, a to s cca 30 % podílu na celkových odběrech povrchové vody a cca 80 % podílu na celkových odběrech podzemní vody. U povrchové vody je cca 90 % odebraného množství zajišťováno vodními nádržemi. Rozdíl mezi odběry z povrchových a podzemních vod je v počtu odběrných míst (a s tím související průměrnou kapacitou): zatímco

povrchová voda pro veřejné vodovody je odebírána z cca 140 odběrných míst (z toho cca 50 odběrů z vodních nádrží), podzemní voda je zajišťována odběry z cca 2 500 odběrných míst. Analýza budoucích potřeb vody pro veřejné vodovody je tak významná jak pro bilanci povrchové, tak podzemní vody. Pro podzemní vodu je však zcela stěžejní. Zatímco jednotlivá odběrná místa (a zejména odběry z vodních nádrží) lze posuzovat individuálně, odběry podzemní vody je nutné pro potřeby bilance agregovat do větších jednotek. Pro řešení jsou jako vhodné uvažovány „pracovní jednotky útvarů podzemní vody“ využívané v ČR při plánování podle *Rámcové směrnice o vodách* (celým názvem *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000*, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky). Jde o cca 1 200 územních jednotek pokrývajících celé území ČR ve třech horizontálních pozicích.

METODIKA

Prognóza potřeby vody pro veřejné vodovody vychází z prognózy demografického vývoje k roku 2050, kterou pro potřeby projektu jako subdodávku poskytla PŘF UK. Prognóza obsahuje údaje o vývoji počtu obyvatel v podrobnosti obcí s rozšířenou působností ve třech variantách – vysoká, nízká a střední – a v rozdělení na město a venkov. Venkovské obyvatelstvo dle definice ČSÚ zahrnuje obyvatele všech obcí s velikostí do 2 000 obyvatel a dále obce s velikostí do 3 000 obyvatel, jež mají hustotu zalidnění menší než 150 obyvatel/km². V dalších krocích řešení bylo vyhodnoceno, jak se prognózované změny v počtu obyvatel mohou promítnout do požadavků na odběry vody. K tomu byly využity údaje *Majetkové evidence vodovodů* vedené podle vyhlášky 428/2001 Sb., a údaje o realizovaném množství odběru vody vedené pro potřeby sestavení vodní bilance podle vyhlášky 431/2021 Sb. Řešitelé prognózované změny v počtu obyvatel k roku 2050 poskytnuté za jednotlivé obce s rozšířenou působností nejprve rozpočítali podle současného počtu obyvatel na jednotlivé obce (s využitím dat ČSÚ o současném počtu obyvatel v obcích). V dalším kroku potom prognózu změn v počtu obyvatel promítli do změn potřeby vody. Postup byl následující: V evidenci míst a skutečného odebíraného množství vody vedené pro potřeby vodní bilance byly identifikovány odběry povrchové i podzemní vody pro veřejné vodovody. Pomocí dat *Majetkové evidence vodovodů* byla odběrná místa propojena se zásobovanými obcemi (majetková evidence staveb pro úpravu vody uvádí identifikátor odběrného místa podle evidence pro vodní bilanci a zároveň výčet zásobovaných katastrálních území). Podle poměru predikovaných změn počtu obyvatel v zásobovaných obcích (oproti současnosti) byla adekvátně (ve stejném poměru) upravena i budoucí potřeba množství odebírané vody v jednotlivých odběrných místech oproti současné potřebě. Jako současná potřeba bylo uvažováno průměrné odebírané množství za období let 2016–2021. V případě podzemních vod byly údaje o odběrech a jejich predikované změny k roku 2050 (pro účely bilančního hodnocení zdrojů a potřeb) dále agregovány na úroveň tzv. pracovních jednotek útvarů podzemních vod používaných (i jako bilanční jednotky) pro potřebu plánování. Uvedený postup byl částečně (v menším rozsahu i podrobnosti a na starších datech *Evidence pro vodní bilanci a Majetkové evidence vodovodů a kanalizací*) uplatněn a ověřen v projektu č. VI20192022159 „*Vodohospodářské a vodárenské soustavy a preventivní opatření ke snížení rizik při zásobování pitnou vodou*“.

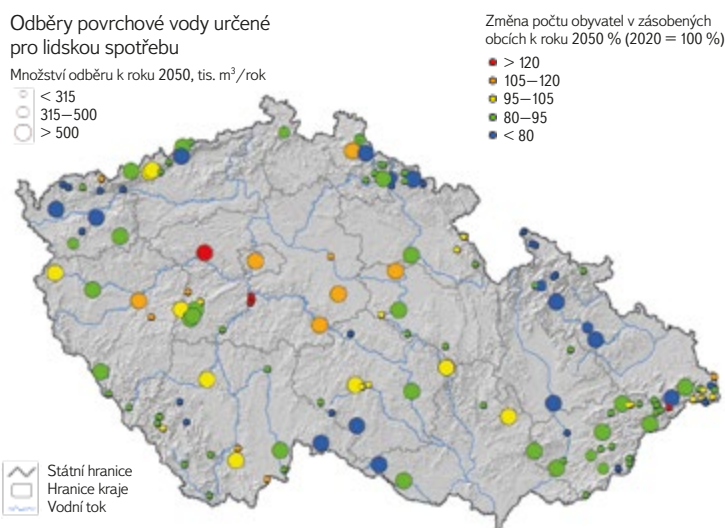
VÝSLEDKY

Změny v počtu obyvatel v zásobovaných obcích v referenčním roce 2050 oproti současnosti jsou pro soudobá místa odběrů povrchové vody ilustrovány na obr. 12, pro pracovní jednotky útvarů podzemní vody na obr. 13. U významných (nad 500 tis. m³. rok⁻¹) současných odběrů povrchové vody pro veřejné vodovody byl zvýšený počet připojených obyvatel o více než 10 % predikován u vodárenských nádrží Švihov (o 23 % u vysoké varianty, o 14 % u střední), Klíčava (o 18 % u vysoké varianty, o 11 %

u střední), Josefův Důl (o 114 % u vysoké varianty) a Vrchlice (o 112 % u vysoké varianty). V případě odběrů podzemní vody bylo zvýšení počtu připojených obyvatel predikováno zejména u (části) hydrogeologických rajonů 6250 Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy, 6320 Krystalinikum v povodí Střední Vltavy, 6230 Krystalinikum, proterozoikum a paleozoikum v povodí Berounky, 6240 Svrchní silur a devon Barrandienu a 4510 Křída severně od Prahy.

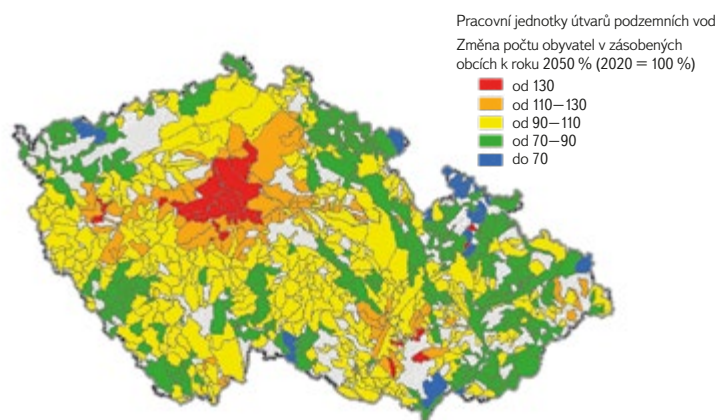
NEJISTOTY

Řešení vycházelo z dat dostupných v celostátním rozsahu, tj. pouze z prognózy počtu bydlících obyvatel, a nebralo tedy v úvahu např. odběry z veřejných vodovodů pro služby či průmyslové podniky. Nejistota v predikci počtu zásobených obyvatel byla reflektována uvažováním vysoké, střední a nízké varianty demografické prognózy. K určitému zjednodušení došlo rovněž uvažováním počtu zásobených obyvatel v měřítku obcí (skutečné napojení na určitý odběr vody se může týkat jen částí obcí).



Obr. 12. Odběry povrchové vody pro veřejné vodovody a změna počtu zásobených obyvatel k roku 2050 – střední varianta

Fig. 12. Surface water abstractions for public water supply and change in the number of inhabitants supplied by 2050 – medium variant



Obr. 13. Pracovní jednotky útvarů podzemních vod a změna počtu obyvatel v obcích zásobených z veřejných vodovodů k roku 2050 – střední varianta

Fig. 13. Groundwater body work units and population change in municipalities supplied by public water supply by 2050 – medium variant

ZÁVĚR

Zajištění udržitelného hospodaření s vodními zdroji bude klíčovou výzvou v nadcházejících desetiletích, zejména vzhledem k tomu, že klimatická změna a další aspekty mohou výrazně ovlivnit dostupnost a poptávku po vodě. Je proto důležité zjistit budoucí potřebu vody ve významných sektorech hospodářství.

Sektor průmyslu: Budoucí potřeba vody v průmyslu nebyla řešena pomocí predikce budoucího vývoje, nýbrž nastavením tří fixních úrovní, s nimiž bude možné porovnávat reálné dostupné vodní zdroje v daném čase. Výchozím bodem pro jejich určení byla analýza odběrů na úrovni krajů. Základní linie vychází z předpokladu, že průmyslová potřeba vody bude v budoucnu obdobná jako v současnosti, resp. ke konci hodnoceného období 2009–2019. *Maximální hodnota budoucích odběrů:* je využit největší objem odebraných vod zaznamenaný v období 2009–2019. Ten poskytuje realistický odhad případných pozitivních odchylek od základní linie. *Kritická (nepřekročitelná) hodnota:* v analyzovaném období 2009–2019 nebyly limity (maximální povolené množství) pro odběry podzemních a povrchových vod plně využívány, a poskytují tedy rezervu, kterou mají příslušné podniky přinejmenším teoreticky k dispozici. Je reálný předpoklad, že limity pro konkrétní subjekty v budoucnu nebudou navyšovány, a určují tak nepřekročitelnou hranici pro využití vodních zdrojů.

Sektor zemědělství: Analýza závlahových technologií v ČR a odhad ztrát závlahové vody umožnily výpočet orientačního maximálního množství vody, potřebného pro závlahy typických kultur typu „vinice“, „chmelnice“ a „sady“. Byl proveden výpočet indikativního množství vody potřebného pro závlahu kultur „orná půda“ a „trvalé travní porosty“, přičemž je jasné, že závlaha se soustředí na orné půdě v rozhodující míře na zeleninu a rané brambory a u trvalých travních porostů na louky pro produkci píce pro mléčný skot. Vývoj směrem k plné závlaze není realistický – předpoklad použití závlah byl uplatňován pouze tam, kde je již v současnosti závlaha vybudována. Je zcela zřejmé, že podzemní vody by v kritických oblastech neměly být k závlaze masivně využívány, neboť jde o vodu cennou, která by měla být rezervována pro pitné účely. Navíc bude zjevně docházet k souběhům nutnosti závlah a současně nízkých průtoků ve vodních tocích (delší období sucha a horka). Potřebu vody tak bude možno pokrýt jedině výstavbou dalších vodních nádrží, resp. úpravou manipulačních řádů nádrží stávajících, pokud tyto mají volnou kapacitu. Výsledky globálních simulačních modelů (GCM) pro různé emisní scénáře zvláště pro období 2015–2045 (2030) a 2035–2065 (2050) ukazují, že i v regionech, kde v průměru dochází ke snížení vláhové potřeby, nadále přetrvává potřeba zavlažovat. Co však zůstává doposud nezodpovězenou otázkou, je dopad zatím neuvažované varianty vycházející z odhadu agro-ekonomického modelu GLOBIOM-CZ. Ten ukazuje na značnou komparativní výhodu české zemědělské produkce v očekávaných environmentálních podmínkách, a tedy i možnost – navzdory klimatické změně – zvýšit svoji profitabilitu a tržní podíl českého zemědělství na trhu. Vývoj spotřeby vody hospodářskými zvířaty byl predikován pro každý kraj zvlášť a trendy napříč jednotlivými kraji se různí. Setrvalý stav spotřeby vody hospodářskými zvířaty je predikován pro Jihomoravský, Ústecký a Zlínský kraj a Kraj Vysočina, mírný nárůst je očekáván v Jihočeském a Plzeňském kraji, výrazný nárůst spotřeby vody je predikován pro Karlovarský, Liberecký a Moravskoslezský kraj a budoucí pokles spotřeby vody hospodářskými zvířaty je očekáván v Královéhradeckém, Olomouckém, Pardubickém kraji a také v Praze a ve Středočeském kraji. Trendy spotřeby vody v jednotlivých krajích jsou shodné jak pro průměrnou, tak i pro maximální spotřebu vody hospodářskými zvířaty.

Sektor energetiky: Odhad spotřeby vody pro energetiku indikuje snížení potřeby vody pro tento sektor oproti současnému stavu. Dále se předpokládá, že vzhledem k náročnosti výstavby velkých staveb nedojde k významnému přesunu výroby energie mezi regiony. Jedním z hlavních faktorů ovlivňujících potřebu vody pro energetiku budou regulace týkající se ochrany životního prostředí. Z hlediska ekonomického to pak může být také cena vody a náklady na její úpravu, které mohou ovlivnit rozhodování o typech energetických zdrojů a technologiích.

Sektor veřejných vodovodů: U významných (nad 500 tis m³. rok⁻¹) současných odběrů povrchové vody pro veřejné vodovody byl zvýšený počet připojených obyvatel o více než 10 % predikován u vodárenských nádrží Švihov (o 23 % u vysoké varianty, o 14 % u střední), Klíčava (o 18 % u vysoké varianty, o 11 % u střední), Josefův Důl (o 114 % u vysoké varianty) a Vrchlice (o 112 % u vysoké varianty). V případě odběrů podzemní vody byl zvýšený počet připojených obyvatel předpovězen zejména u (části) hydrogeologických rajonů Proterozoikum a paleozoikum v povodí přítoků Vltavy, Krystalinikum v povodí Střední Vltavy, Krystalinikum, proterozoikum a paleozoikum v povodí Berounky, Svrchní silur a devon Barrandienu a Křída severně od Prahy.

Odhady potřeby vody pro různé sektory hospodářství jsou zatíženy mnoha nejistotami a variabilními faktory. Mezi hlavní oblasti nejistot a proměnných, jež mohou ovlivnit odhad potřeby vody, patří zejména technologický pokrok (inovace a nové technologie), klimatické faktory, ekonomické faktory, demografie a legislativní opatření. Pro přesnější odhady je proto nezbytné neustále aktualizovat data a modely na základě nových trendů a technologií. Pravidelný monitoring a adaptivní řízení vodních zdrojů jsou klíčové pro efektivní a udržitelné využívání vody.

Článek stručně představuje výsledky řešení dílčího cíle „Scénáře budoucích potřeb vody pro různé klimatické scénáře a jednotlivé sektory užívání vody“ který je součástí projektu TA ČR č. SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR a podmínkách změny klimatu (Centrum Voda)“. Podrobnější informace naleznete na webových stránkách „Centra Voda“ (<https://www.centrum-voda.cz>) včetně vizualizace databázových dat v prostředí Tableau.

Poděkování

Článek byl zpracován v rámci projektu SS02030027 „Vodní systémy a vodní hospodářství v ČR v podmínkách klimatické změny“ řešeného s finanční podporou Technologické agentury ČR v rámci podprogramu 3 – Dlouhodobé environmentální a klimatické perspektivy programu SS – Program aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti životního prostředí – Prostředí pro život. Autoři chtějí rovněž poděkovat Ing. Miroslavu Bauerovi z ČVUT za přípravu obr. 2.

Literatura

- [1] ČÚZK. *Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů Katastr nemovitostí České republiky*. Praha: ČÚZK, 2023. Dostupné z: https://cuzk.gov.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka_pudniho_fondu_2023.aspx
- [2] ČSÚ. *Strukturální šetření v zemědělství 2016* [on-line]. 24. srpna 2017. [citováno 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/strukturalni-setreni-v-zemedelstvi-2016#>
- [3] ČSÚ. *Integrované šetření v zemědělství 2020* [on-line]. 21. září 2021. [citováno 2023-05-15]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/integrované-setreni-v-zemedelstvi-2020#>
- [4] ČSÚ. *Agrocensus 2010 – Strukturální šetření v zemědělství a metody zemědělské výroby* [on-line]. 26. srpna 2011. [citováno 2023-05-15]. Dostupné z: <https://csu.gov.cz/produkty/agrocensus-2010-strukturalni-setreni-v-zemedelstvi-a-metody-zemedske-vyroby-2010-q4swlne9f5>
- [5] Geoportál SOWAC GIS. *O geoportálu* [on-line]. [citováno 2023-05-18]. Dostupné z: <https://geoportal.vumop.cz/#oGeoportalu>
- [6] Informační systém melioračních staveb: *Informační systém melioračních staveb* [on-line]. [citováno 2023-05-18]. Dostupné z: <https://meliorace.vumop.cz/?core=account>
- [7] VÚV TGM. *Odběry a vypouštění vod podle evidence pro vodní bilanci* [on-line]. 23. května 2021. [citováno 2023-05-18]. Dostupné z: <https://public.tableau.com/app/profile/heis.vuv.tgm/viz/Odbravypoutnvodpodlevidenceprovodnibilance/bilance>
- [8] Hydroekologický informační systém VÚV TGM. *Útvary povrchových vod včetně silně ovlivněných vodních útvarů a umělých vodních útvarů*. [on-line]. 2002–2023. Dostupné z: [https://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp?pg=HTML_ISV\\$S\\$Utvary\\$infodat&pgload=1&ico=icoopeninf.png&nadpis1=Vodn%EDch%20%FAtvar%20v%EBetn%EC%20siln%EC%20ovlivn%ECn%FDCch%20vodn%EDch%20%F9%20a%20um%ECI%FDch%20vodn%EDch%20%FAtvar%F9&nadpis2=Informace%](https://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp?pg=HTML_ISVSUtvary$infodat&pgload=1&ico=icoopeninf.png&nadpis1=Vodn%EDch%20%FAtvar%20v%EBetn%EC%20siln%EC%20ovlivn%ECn%FDCch%20vodn%EDch%20%F9%20a%20um%ECI%FDch%20vodn%EDch%20%FAtvar%F9&nadpis2=Informace%)
- [9] POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., VIZINA, A., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., CHAUDHERRY, M. R. A., MUSILOKOVÁ, M., PAVLÍK, P., MOŽNÝ, M., ŠTĚPÁNEK, P., CLOTHIER, B. Projection of 21st Century Irrigation Water Requirements for Sensitive Agricultural Crop Commodities across the Czech Republic. *Agricultural Water Management*. 2022, 262, 107337. 24 s. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107337>
- [10] ČSN 75 0434 *Meliorace – Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. Praha: Sweco Hydroprojekt, a. s., 2019.

- [11] MZe. *Zemědělství 2019*. Praha: MZe, 2020. [ISBN 978-80-7434-558-6](https://www.mze.cz). Dostupné z: www.mze.cz
- [12] HÁJKOVÁ, L., VOŽENÍLEK, V., TOLASZ, R., KOHUT, M., MOŽNÝ, M. et al. *Atlas fenologických poměrů Česka. Atlas of the Phenological Conditions in Czechia*. Praha, Olomouc: Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. [ISBN 978-80-86690-98-8](https://www.vhmi.cz) a [ISBN 978-80-244-3005-8](https://www.vhmi.cz).
- [13] PETŘÍČKOVÁ, T. *Posouzení vývoje odběrů závlahové vody v ČR. Bakalářská práce*. Praha: ČVUT, 2023.
- [14] SEDLÁČKOVÁ, I. *Posouzení vývoje hodnot vláhové bilance vybraných zemědělských plodin v ČR. Bakalářská práce*. Praha: ČVUT, 2023.
- [15] ŠÁLEK, J., SCHWARZOVÁ, P. Hospodaření s vodou v zemědělství s ohledem na ochranu před následky sucha. In: *Konference Sucho a hospodaření s vodou, 13–14. června 2018. Sborník referátů*. České Budějovice: Česká společnost vodohospodářská, 2018. [ISBN 978-80-87140-53-6](https://www.vhmi.cz).
- [16] MEITNER, J., ŠTĚPÁNEK, P., SKALÁK, P., DUBROVSKÝ, M., LHOTKA, O., PENČEVOVÁ, R., ZAHRADNÍČEK, P., FARDA, A., TRNKA, M. Validation and Selection of a Representative Subset from the Ensemble of EURO-CORDEX EUR11 Regional Climate Model Outputs for the Czech Republic. *Atmosphere*. 2023, 14, 1442. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos14091442>
- [17] VAN PELT, S. C., BEERSMA, J. J., BUIHAND, T. A., VAN DEN HURK, B. J. J. M., KABAT, P. Future Changes in Extreme Precipitation in the Rhine Basin Based on Global and Regional Climate Model Simulations. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2012, 16, s. 4 517–4 530. Dostupné z: <https://doi.org/10.5194/hess-16-4517-2012>
- [18] ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D. et al. *Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements* – FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998, 300(9), D05109.
- [19] ALLEN, R. G., WALTER, I. A., ELLIOTT, R. L., HOWELL, T., ITENFISU, D., JENSEN, M. E. *The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation*. 2005. Dostupné z: <https://ascilibrary.org/doi/book/10.1061/9780784408056>
- [20] ŠTĚPÁNEK, P., TRNKA, M., CHUCHMA, F., ZAHRADNÍČEK, P., SKALÁK, P., FARDA, A., FIALA, P., HLAVINKA, P., BALEK, J., SEMERÁDOVÁ, D. et al. Drought Prediction System for Central Europe and Its Validation. *Geosciences*. 2018, 8, 104. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/geosciences8040104>
- [21] POTOPOVÁ, V., MUSIOLKOVÁ, M., GAVIRIA, J. A., TRNKA, M., HAVLÍK, P., BOERE, E., TRIFAN, T., MUNTEAN, N., CHAUDHERRY, M. R. A. Water Consumption by Livestock Systems from 2002–2020 and Predictions for 2030–2050 under Climate Changes in the Czech Republic. *Agriculture*. 2023, 13, 1291. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/7/1291>
- [22] MUSIOLKOVÁ, M., POTOPOVÁ, V. *Metodika hodnocení spotřeby vody hospodářskými zvířaty v letech 2002–2020 a predikce vývoje spotřeby vody hospodářskými zvířaty v letech 2030, 2035, 2040, 2045 a 2050 v jednotlivých krajích ČR*. Praha: ČZU, 2022. 94 s. [ISBN 978-80-213-3202-7](https://www.vhmi.cz). Dostupné z: <https://metodiky.agrobiologie.cz/metodika-hodnoceni-spotreby-vody-hospodarskymi-zviraty>
- [23] Aktualizace Státní energetické koncepce (SEK). Dostupné z: <https://www.mpo.gov.cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/aktualizace-statni-energeticke-koncepce-sek-279668/>

Autoři

Ing. Jiří Dlabal¹
ORCID: 0000-0002-2401-2917
✉ jjiri.dlabal@vuy.cz

Ing. Petr Vyskoč¹
ORCID: 0000-0002-5006-5414
✉ petr.vyskoc@vuy.cz

Ing. Jan Bindzar, Ph.D.²
ORCID:0000-0002-0919-8493
✉ jan.bindzar@vscht.cz

Doc. Dr. Mgr. Vera Potopová⁵
ORCID: 0000-0002-2723-0397
✉ potop@af.czu.cz

Ing. Pavla Schwarzová, Ph.D.³
ORCID: 0000-0003-1561-9140
✉ pavla.schwarzova@fsv.cvut.cz

Prof. Mgr. Ing. Miroslav Trnka, Ph.D.⁴
ORCID: 0000-0003-4727-8379
✉ trnka.m@czechglobe.cz

Prof. Dr. Ing. Tomáš Dostál³

ORCID: 0000-0003-3984-3462

✉ dostal@fsv.cvut.cz

Ing. Martin Dočkal, Ph.D.³

ORCID: 0000-0002-1529-4908

✉ dockal@fsv.cvut.cz

Ing. Daniela Semerádová, Ph.D.⁴

ORCID: 0000-0002-2699-7924

✉ semeradova.d@czechglobe.cz

MSc. Juliana Arbelaez Gaviria⁴

ORCID: 0000-0001-8440-1933

✉ arbelaez.j@czechglobe.cz

Mgr. Petr Štěpánek, Ph.D.⁴

ORCID: 0000-0002-4847-5262

✉ stepanek.p@czechglobe.cz

Ing. Alena Jačková¹

ORCID: 0000-0002-8371-9373

✉ alena.jackova@vuv.cz

Mgr. Marie Musiolková, Ph.D.⁵

ORCID: 0009-0002-8923-9909

✉ musiolkova@af.czu.cz

Ing. Arnošt Kult¹

✉ arnost.kult@vuv.cz

¹ Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)

² Vysoká škola chemicko-technologická v Praze (Česká republika)

³ Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze (Česká republika)

⁴ Ústav výzkumu globální změny AV ČR, Praha (Česká republika)

⁵ Česká zemědělská univerzita v Praze (Česká republika)

Příspěvek prošel recenzním řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2024.09.001

ISSN 0322-8916 © 2024 Autoři. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0

FUTURE WATER DEMAND SCENARIOS TO 2050: SECTORAL ANALYSES AND FORECASTS

DLABAL, J.¹; VYSKOČ, P.¹; BINDZAR, J.²; POTOPOVÁ, V.⁵; SCHWARZOVÁ, P.³; TRNKA, M.⁴; DOSTÁL, T.³; DOČKAL, M.³; SEMERÁDOVÁ, D.⁴; GAVIRIA, J. A.⁴; ŠTĚPÁNEK, P.⁴; JAČKOVÁ, A.¹; MUSIOLKOVÁ, M.⁵; KULT, A.¹

¹T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague (Czech Republic)

²University of Chemistry and Technology in Prague (Czech Republic)

³Faculty of Civil Engineering, Czech Technical University in Prague (Czech Republic)

⁴Global Change Research Institute, Czech Academy of Sciences, Prague (Czech Republic)

⁵Czech University of Life Sciences, Prague (Czech Republic)

Keywords: scenarios — future water demand — 2050 — agriculture — irrigation — livestock — industry — power engineering — water for human use — climate change

The article presents the results of the sub-objective “Scenarios of future water needs for different climate scenarios and individual sectors of water use” (DC 1.1). Which is part of the TA CR project No. SS02030027 “Water systems and water management in the Czech Republic and climate change conditions (Water Centre)” and is a sub-part of the WP1 “Prediction of the development of water resources security in the Czech Republic until 2050 in the details of regions depending on climate change”. The solution, was carried out in the period 2020–2024 and involved the following organisations: T. G. Masaryk Water Research Institute, University of Chemistry and Technology in Prague, Czech Technical University in Prague (Faculty of Civil Engineering), Global Change Research Institute CAS, Czech University of Life Sciences in Prague, Charles University in Prague, Faculty of Science – as a subcontractor. This article deals with the projection of future water demand up to 2050 through sectoral analyses and forecasts. The solution uses different scenarios that take into account factors such as population growth, economic development, climate change, technological advances and policy decisions, and focuses on water needs for the following sectors: agriculture, industry, energy and households. It also assesses the potential impacts of different scenarios on the availability of water resources. The results show that in some regions, depending on the scenario considered, there may be a significant increase in water demand, which could lead to water scarcity and therefore require the implementation of new strategies for efficient water management. Conversely, in some regions, a decline in economic activity and population migration may lead to a reduction in water demands. The paper further describes the potential uncertainties and variables affecting the prediction of future water needs, while highlighting the importance of sectoral analysis for understanding future trends in water management.





Autoři VTEI

Ing. Jiří Dlabal

VÚV TGM, v. v. i., Praha (Česká republika)

✉ jiri.dlabal@vuv.cz

www.vuv.cz



Ing. Jiří Dlabal je zaměstnancem Odboru ochrany vod a informatiky ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2000. V roce 1999 ukončil inženýrské studium na Agronomické fakultě České zemědělské univerzity v Praze, obor Kvalita a zpracování zemědělských produktů. Dlouhodobě se věnuje problematice souhrnných vodohospodářských informací, mezi jeho hlavní řešená témata patří vodohospodářská bilance a užívání vod v ČR. Podílí se na provozu Hydroekologického informačního systému (HEIS VÚV), kde se zabývá především zpracováním vodohospodářských dat v databázi Oracle a tvorbě internetových výstupů projektů řešených ve VÚV TGM, v. v. i.. Rovněž spolupracuje s MZe a MŽP na tvorbě *Zpráv o stavu vodního hospodářství v ČR*.

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha (Česká republika)

✉ adam.vizina@vuv.cz

www.vuv.cz



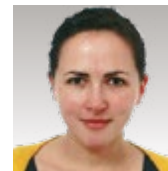
Ing. Adam Vizina, Ph.D., je zaměstnancem oddělení hydrologie ve VÚV TGM, v. v. i., od roku 2007. V roce 2014 ukončil doktorský studijní program Environmentální modelování na Fakultě životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze. Zabývá se hodnocením hydrologické bilance pro současné a výhledové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

Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha (Česká republika)

✉ lucie.jasikova@vuv.cz

www.vuv.cz



Mgr. Lucie Jašíková, Ph.D., je zaměstnankyní VÚV TGM, v. v. i., od roku 2019 a pracuje v oddělení Souhrnných vodohospodářských informací a ochrany jakosti vod. V roce 2010 ukončila magisterské studium na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy na katedře Organické chemie a v roce 2016 na stejné fakultě pak doktorský studijní program Organická chemie. Profesně se zabývá problematikou rizikových analýz souvisejících s ochranou vodních zdrojů a mezinárodní spoluprací v oblasti jakosti a ochrany vod. Je hlavní řešitelkou mezinárodního interregového projektu AKWA, který se zabývá identifikací zdrojů znečištění u problematických přeshraničních vodních toků na česko-saské hranici.

RNDr. Hana Zvěřinová Mlejnková, Ph.D.

VÚV TGM, v. v. i., Praha (Česká republika)

✉ hana.mlejnkova@vuv.cz

www.vuv.cz



RNDr. Hana Zvěřinová Mlejnková, Ph.D., vystudovala Přírodovědeckou fakultu Masarykovy univerzity v Brně (dříve Universita J. E. Purkyně), obor Obecná biologie, specializace Mikrobiologie. Od roku 1992 byla zaměstnána ve VÚV TGM, v. v. i., v Brně v Oddělení hydrobiologie. V roce 2016 se přesunula na pražské pracoviště VÚV TGM, v. v. i., kde působila v Oddělení ochrany jakosti vod a od roku 2018 pak v Odboru analýz a hodnocení složek životního prostředí jako vedoucí Oddělení mikrobiologie vody a hydrobiologie. V rámci svých výzkumných a odborných aktivit se věnuje řešení projektů v oblastech týkajících se hodnocení jakosti vod, mikrobiologie a hydrobiologie, expertní činnosti v Česko-rakouské komisi pro hraniční vody, konzultační, posudkové a pedagogické činnosti. Je autorkou řady publikací v mezinárodních i tuzemských odborných časopisech. Dlouhodobě se zabývá problematikou mikrobiálního znečištění povrchových vod se zaměřením na rizikové faktory a využitím odpadních vod jako diagnostického média pro monitoring epidemiologických situací.

Rozhovor s Ing. Vladimírem Novákem, generálním ředitelem sekce vod Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky

Slovenská republika letos předsedá největší komisi zaměřené na ochranu vodních toků, Mezinárodní komisi pro ochranu Dunaje (International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR). Proto jsme v tomto čísle požádali o rozhovor jejího prezidenta pro rok 2024 Ing. Vladimíra Nováka, jenž je zároveň generálním ředitelem sekce vod na slovenském Ministerstvu životního prostředí.

Pane řediteli, vystudoval jste hydrotechniku na Stavební fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě. Co vás přivedlo k oboru vodního hospodářství?

Zjednodušene by sa dalo povedať, že rodinná tradícia. Otec nastúpil po maturite na terajší Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., práve počas ničivej povodne na Dunaji v roku 1965 (12. júna), kedy sa dňa 15. júna pretrhla dunajská hrádza v Patinciach, dňa 17. júna hrádza medzi Čičovom a Klúčovcom a dňa 25. júna pri Kollárove. Počas povodňovej aktivity bolo evakuovaných 60 000 obyvateľov a 100 000 ks dobytku, zničených 3 910 domov, poškodených ďalších 6 180 obydľí a zamorené boli všetky vodné zdroje na Žitnom ostrove.

Uvedená situácia urýchlila úvahy v spoločnosti o nevyhnutnom komplexnom zabezpečení územia pozdĺž Dunaja nielen z hľadiska ochrany pred povodňami, ale aj zaistenia požadovaných parametrov plavebnej dráhy Dunaja ako vnútrozemskej vodnej cesty medzinárodného významu na jednom z jej najkritickejších úsekov Rajka–Gönyű a zabezpečenia využitia hydroenergetického potenciálu Dunaja, a to všetko s ohľadom na ochranu vodných zdrojov a ekosystémov vnútrozemskej delty Dunaja.

Otec sa postupne prepracoval do pozícií, z ktorých určoval spôsob a štýl, akým bolo dlhé roky realizované vytyčovanie plavebnej dráhy, vrátane prírodného a odpadného kanála, ako aj samotných plavebných komôr stupňa Gabčíkovo Sústavy vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros a na záver pracovnej kariéry svoje skúsenosti zúročil pri kontrolnej činnosti ako vedúci odboru vodných ciest a plavebnej bezpečnosti na Štátnej plavebnej správe (dnešný Dopravný úrad).

V podstate počas celého detstva, ako aj študentských čias, som mal možnosť zúčastňovať sa s otcom na plavbách či už na vytyčovacích plavidlách Čajka a Gabčíkovo, ako aj na plavbách tlačnými remorkermi Tekov a Hont, ale aj aktívit súvisiacich s tvorbou máp vytyčenia plavebnej dráhy, spolupráce pri tvorbe štúdií Vážskej vodnej cesty a v neposlednom rade pri pasportizácii a spracovaní štúdií splavnosti Zemplínskej vodnej cesty. To už som bol študentom na Stavebnej fakulte Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Rovnako musím ešte spomenúť, že aj starý otec väčšinu pracovného života strávil na Dunaji ako strojník na rôznych plavidlách, najmä plávajúcej súprave, ktorú tvorili bager Kriváň a elevátor Radhošť. Zaujímavosťou je, že počas leteckého útoku amerických vzdušných síl, kedy na rafinériu Apollo, resp. Bratislavu, dňa 16. júna 1944 zaútočilo 158 bombardérov B-24 Liberator 15. leteckej armády,

bola súprava Kriváň – Radhošť poškodená. Po oprave slúžila ďalej, kým sa v 70. rokoch bager Kriváň utopil, pričom dvom členom posádky sa žiaľ nepodarilo zachrániť.

Uvedené skutočnosti preto nemalou mierou určovali a stanovili smerovanie môjho štúdia, ale aj formovali a položili základ môjho profesijného zamerania.

Kam vedly vaše kroky po ukončení Stavební fakulty?

Po ukončení štúdia v roku 1997 som pokračoval ako doktorand na katedre Hydrotechniky Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave až do septembra 2000. Následne som uzavrel pracovnoprávny vzťah s Ministerstvom pôdohospodárstva Slovenskej republiky na sekcii vôd, odbore správy vodných tokov. Mojou pracovnou náplňou bola najmä agenda bilaterálnej spolupráce na hraničných vodách so susednými štátmi, ako aj agenda spojená s charakterom a priebehom štátnej hranice na hraničných vodách, ale aj agenda rozvoja vnútrozemských vodných ciest a plavby. Postupne som získaval aplikačnú prax súvisiacu s tvorbou strategických, plánovacích a koncepcných materiálov, ako aj legislatívnych návrhov nielen z uvedenej oblasti pôsobnosti, ale aj ďalších oblastí, medzi ktoré patrili napr. rozvoj verejných vodovodov a verejných kanalizácií, ako aj ochrana vodných zdrojov a v neposlednom rade technicko-bezpečnostný dohľad nad vodnými stavbami a ochrana pred povodňami.

S prestávkou pôsobíte na rôznych manažerských pozíciách v rámci Ministerstva земедělství, resp. Ministerstva životního prostředí, téměř dvacet let. Co bylo důvodem opustit pozice, ve kterých jste se tak významně etabloval, a co vám tato změna přinesla?

Dôvodom bola zmena vo vedení ministerstva v roku 2020, ktoré malo predpokladám iné predstavy o prioritách v oblasti udržateľného využívania vôd a ochrane vodných zdrojov, aj keď konkrétne dôvody som sa nikdy nedozvedel a ani som po nich nepátral. Bral som ako fakt, že každé vedenie si do funkcií, medzi ktoré, ako sa ukázalo, patrí pravdepodobne aj funkcia generálneho riaditeľa sekcie, vyberá odborníka, ktorému dôveruje.

Nakoľko som vodnému hospodárstvu venoval roky štúdia a samotnej praxe, neodíšiel som zatrpknutý z rezortu, naopak využil som možnosť pokračovať v práci na sekcii vôd v pozícii referenta, resp. hlavného štátneho radcu, a to opakovane v rámci agendy bilaterálnej spolupráce na hraničných vodách so susednými štátmi, ako aj agendy spojenej s rozvojom vnútrozemských vodných ciest a plavby a v neposlednom rade agendy súvisiacej s metodickým usmerňovaním, riadením a kontrolou štátnych podnikov v zriaďovateľskej pôsobnosti Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky.

Popri tom som z pozície predsedu Slovenského plavebného kongresu zabezpečoval spoluprácu s Českým plavebným a vodocestným združením, z. s.,



Bojan Vranjković (srbský prezident ICPDR 2023) a Vladimír Novák (slovenský prezident ICPDR 2024)
pri odovzdávaní a preberaní predsedníctva v ICPDR na Veľvyslanectve Srbskej republiky vo Viedni v januári 2024

ktorá vyvrcholila prípravou a uskutočnením pravidelnej konferencie s medzinárodnou účasťou – 31. Plavebné dni 2023.

Zmena mi okrem negatív každopádne priniesla aj nejaké tie pozitíva, medzi ktoré určite radím viac času pre seba a rodinu. Pre „odľahčenie“ nesmiem opomenúť, že sa mi napr. podarilo za rok a pol znížiť hmotnosť zo 113 kg na 89 kg, čo mi v tom čase prinieslo v konečnom dôsledku aj zlepšenie zdravotného stavu a najmä kondičky.

V pozíci generálneho ředitele sekce vod Ministerstva životního prostředí Slovenské republiky jste působil již dříve. Podařilo se vám navázat na vaši práci, kterou jste započal při svém prvním působení v této funkci?

V podstate som naviazal na aktivity z predošlého pôsobenia, nakoľko priority a ciele vodného hospodárstva ostávajú v princípe nemenné a sú nastavené na šesťročné plánovacie cykly, dá sa však diskutovať o prioritizácii jednotlivých opatrení berúc do úvahy najmä disponibilné finančné zdroje a ľudské zdroje na ich realizáciu.

V čase nevyhnutnej konsolidácie finančných prostriedkov sa však javí nevyhnutné správne nastaviť práve spomínanú prioritizáciu realizácie jednotlivých opatrení a tiež motivovať kolektív, ktorý sa oproti predošlému pôsobeniu na sekcii vôd počas predošlej vlády znížil o šesť zamestnancov. Keď si uvedomíme obsah a rozsah úloh vodného hospodárstva a ochrany vodných zdrojov v Slovenskej republike, tak počet zamestnancov 26 reálne a 28 na papieri sa môže javiť ako postačujúci, ale treba si uvedomiť, že sa bavíme nielen o zabezpečení aktivít v gescii ústredného orgánu štátnej správy v oblasti vôd, ale aj riadenia, metodického usmerňovania a kontroly rezortných ústavov Slovenského hydrometeorologického ústavu, Výskumného ústavu vodného hospodárstva, ale aj rezortných štátnych podnikov, ako sú Slovenský vodohospodársky podnik, š. p., a Vodohospodárska výstavba, š. p.

V neposlednom rade sme „odkázali“ na spolupráci s ďalšími rezortmi, uviedol by som najmä spoluprácu s Ministerstvom dopravy Slovenskej republiky v otázkach rozvoja a modernizácie vodných ciest a vnútrozemskej plavby, s Ministerstvom hospodárstva Slovenskej republiky v otázkach využitia vodnej energie ako obnoviteľného zdroja energie z vodných elektrární vrátane tých malých do 10 MW, s Ministerstvom pôdohospodárstva Slovenskej republiky v otázkach hydromeliórií, ale aj s Ministerstvom zdravotníctva v otázkach verejného zdravia, vody vhodnej na kúpanie a tiež s Ministerstvom vnútra v otázkach ochrany pred povodňami a krízového riadenia, ale aj v otázkach charakteru a priebehu štátnej hranice na hraničných vodách a podobne.

Jaké jsou v současné době priority Slovenské republiky ohledně ochrany vod?

Slovenská republika si plní záväzky v udržateľnom využívaní vôd a v ochrane vodných zdrojov na národnej úrovni tak, ako jej vyplývajú z členstva v Európskej únii, ako aj ostatným členským štátom.

Okrem toho zabezpečuje spoluprácu a koordináciu jednotlivých aktivít na bilaterálnej úrovni a multilaterálnej úrovni. S uvedenými národnými, bilaterálnymi a multilaterálnymi záväzkami sú priamo spojené aj priority Slovenskej republiky, za ktorých plnenie som priamo alebo nepriamo zodpovedný.

Medzi hlavné priority Slovenskej republiky patria záväzky súvisiace s dosiahnutím dobrého stavu vôd, či už útvarov podzemných vôd, ale aj útvarov povrchových vôd. K tomu je potrebné mať zodpovedne zvládnutú transpozíciu príslušných smerníc, najmä Rámcovej smernice pre vodu, Povodňovej smernice, Smernice o čistení komunálnych odpadových vôd, Smernice o ochrane vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov, Smernice o ochrane podzemných vôd pred znečistením a zhoršením kvality, Smernice o riadení kvality vody určenej na kúpanie, Smernice o environmentálnych normách kvality v oblasti vodnej politiky a v neposlednom rade Smernice o kvalite vody určenej na ľudskú spotrebu.

Zodpovedne zvládnutá transpozícia uvedených smerníc do vnútroštátnej legislatívy Slovenskej republiky, najmä zákona o vodách, zákona o verejných vodovodoch a verejných kanalizáciách, zákona o ochrane pred povodňami a ďalších, ako aj ich vykonávacích predpisov, poskytuje priestor pre implementáciu opatrení nevyhnutných pre dosiahnutie jednotlivých cieľov tak, aby zodpovedali spomínaným prioritám. Jednotlivé opatrenia sú navrhované osobitne pre útvary povrchových vôd a osobitne pre útvary podzemných vôd tak z hľadiska ich kvantity, ako aj kvality.

Medzi základné opatrenia patria nielen tie legislatívne, ale aj opatrenia súvisiace s optimalizáciou finančných a ľudských zdrojov a v neposlednom rade technické a ekologické opatrenia, pričom by som zdôraznil monitoring vôd ako jedno zo základných opatrení, ktorého výsledky sú nevyhnutným podkladom pre stanovenie jednotlivých základných a doplnkových technických opatrení a s tým súvisiacim nastavením modelov a zdrojov financovania, či už zo štátneho rozpočtu, alebo fondov Európskej únie, prípadných ďalších zdrojov, od ktorých okrem iného závisí množstvo a kvalita ľudských zdrojov nielen na vedu a výskum, ale aj na plánovanie, projektovanie, realizáciu, prípadne prevádzku jednotlivých opatrení.

Základné a doplnkové opatrenia sú v Slovenskej republike zhrnuté v Programe opatrení, ktorý tvorí prílohu Vodného plánu Slovenskej republiky. Ten sa vypracováva pre obdobie šiestich rokov, aktuálne je k dispozícii jeho tretia aktualizácia na roky 2022–2027 a skladá sa z Plánu manažmentu povodia Dunaja a Plánu manažmentu povodia Visly. Okrem Vodného plánu sa opatrenia nachádzajú aj v ďalších strategických, plánovacích a koncepčných dokumentoch a ich aktualizáciách, v Slovenskej republike napr. v Pláne manažmentu povodňového rizika v čiastkových povodiach Slovenskej republiky, v Pláne rozvoja verejných vodovodov a verejných kanalizácií pre územie Slovenskej republiky, ale aj v Koncepcii vodnej politiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050, alebo v Akčnom pláne na riešenie dôsledkov sucha a nedostatku vody – H₂ODNOTA JE VODA.

Teda na záver zhrniem, že priority Slovenskej republiky okrem ochrany kvality vodných zdrojov a zabezpečenia biodiverzity prostredníctvom ochrany biotopov a ekosystémov sa aktuálne sústreďia najmä na zaistenie zásobovania obyvateľov pitnou vodou, odkanalizovania aglomerácií, ale aj na zabezpečenie ochrany obyvateľstva pred povodňami, ako aj na zaopatrenie dostatku vody podľa priorit (voda pre pitné účely, voda pre poľnohospodárstvo, voda pre priemysel, chladiaca voda pre atómové elektrárne, voda pre využitie hydroenergetického potenciálu, voda pre plavbu vrátane rekreačnej, voda pre rekreačné účely, voda pre chov rýb a podobne) pre jej jednotlivých užívateľov nepretržite a osobitne počas období sucha.

Slovenská republika v letošním roce předsedá největší komisi zaměřené na ochranu vodních toků, Mezinárodní komisi pro ochranu Dunaje. Vy sám zastáváte pozici prezidenta této komise. S jakými cíli jste do této funkce vstupoval?

Áno, je pravda, že Slovenská republika má tú česť, že predsedá v roku 2024 Medzinárodnej komisii pre ochranu vôd Dunaja (ICPDR) Tento rok je výnimočný, pretože sme oslávili 30. výročie Dohovoru o spolupráci pri ochrane a trvalom využívaní rieky Dunaj, ktorý bol podpísaný dňa 29. júna 1994 v Sofii, a zároveň 20. výročie od ustanovenia 29. júna za Deň Dunaja.

Osobne som poctený, že v roku môjho životného jubilea (50.) môžem zastupovať Slovenskú republiku počas predsedníctva v ICPDR vo funkcii jej prezidenta.

(Podrobne se o cílech Slovenské republiky v ICPDR dočtete v samostatném článku o předsednictví Slovenské republiky v ICPDR umístěném za tímto rozhovorem, poznámka redakce.)

Zastávate ale i další významné pozice. Jste např. vládním zmocněncem pro vodohospodářské otázky na hraničních vodách se sousedními státy. Jaké aktuální problémy jsou na pořadu jednání s Českou republikou?

Aktuálně nám počas septembra 2024 komplikovala život povodňová aktivity, ktorá postihla najmä strednú Európu a zasiahla okrem Slovenskej republiky v neporovnateľne ničivejšej forme práve Českú republiku, ale aj Poľskú republiku a dolné Rakúsko.

V rámci predmetnej povodňovej aktivity prebiehala pravidelná výmena informácií a koordinácia realizácie nevyhnutných opatrení, respektíve zabezpečovacích a záchranných prác najmä na spoločnom úseku slovensko-českého hraničného vodného toku Morava. Spolupráca sa uskutočňovala prostredníctvom Slovensko-českej komisie pre hraničné vody a ňou zriadenej pracovnej skupiny pre technické otázky, ako aj komunikáciou medzi správcami vodohospodársky významného vodného toku Morava a hydrometeorologických ústavov na oboch stranách v súlade s medzivládnu dohodou o spolupráci na hraničných vodách, tj. Smernicou o varovnej a hlásnej službe na hraničných vodách. Situácia bude vyhodnotená a zaznamenaná v protokole z najbližšieho, 25. zasadnutia Slovensko-českej komisie pre hraničné vody, ktoré sa uskutoční v roku 2025 v Českej republike. Poznatky budú zohľadnené v prípadnej optimalizácii spolupráce v uvedenej oblasti.

Z dlhodobého hľadiska sa snažíme spolupracovať, respektíve poskytovať relevantné podklady ministerstvám financií na oboch stranách tak, aby došlo k vysporiadaniu majetku správcov vodohospodársky významných hraničných vodných tokov. Otvorená ostáva aj otázka pevného, respektíve pohyblivého charakteru štátnej hranice na hraničných vodách.

Na záver nesmiem opomenúť ani priebežnú výmenu informácií a údajov v oblasti hydrológie a ochrany kvality vôd, ale ani implementáciu jednotlivých technických opatrení súvisiacich aj s rozvojom vodných ciest a plavby.

Bez zájmovosti určite není ani spolupráce s dalšími státy. Dokážete díky vašemu dlouhodobému působení na hraničních vodách porovnat specifika těchto jednání?

Základným rozdielom pri rokovaní jednotlivých Komisií pre hraničné vody so susednými štátmi v porovnaní so Slovensko-českou komisiou pre hraničné vody, ale aj v rámci rokovaní jednotlivých pracovných skupín zriadených v rámci uvedenej komisie, je fakt, že ešte stále nepotrebujeme k rokovaniam tlmočníka, čo rokovania urýchľuje a vnáša do nich inú atmosféru. Týmto konštatovaním by som otázku nateraz uzavrel, nakoľko podrobnosti a špecifiká rokovania Komisií pre spoluprácu na hraničných vodách s jednotlivými susednými štátmi by si vyžiadali samostatný rozhovor. :)

Prozradte čtenářům vaše vize, vaše plány či konkrétní projekt, jež byste rád prosadil.

Každý z nás má samozrejme nejaké „tajné sny“. Musím povedať, že závidím generáciám, ktoré boli tzv. „budovateľské“ a ktorých výsledky práce nám slúžia dodnes. Preto by som bol rád, keby som mohol byť súčasťou tímu, ktorý dokáže zmanažovať a zabezpečiť pre spoločnosť výstavbu či už jednoúčelových alebo viacúčelových vodných stavieb, ktoré poskytnú prosperitu celej spoločnosti a zaistia dostatok vody využiteľnej v období sucha a zároveň zabezpečia ochranu života a majetku občanov počas povodňových aktivít. To je však, berúc do úvahy aktuálnu situáciu v spoločnosti, skôr dlhodobější plán.

Zo strednodobého hľadiska považujem za nevyhnutné prispieť správnymi návrhmi a informáciami pre vedenie ministerstva práve k finančnej a personálnej stabilizácii štátnych podnikov, ktoré zabezpečujú správu vodných tokov a vodných stavieb vo vlastníctve štátu.

Na záver ešte uvediem krátkodobé „projekty“, resp. vízie, a tými sú jednak nevyhnutnosť stabilizovania a omladenia kolektívu sekcie vôd, nakoľko v ostatnom období došlo na jednej strane k zrušeniu niekoľkých pracovných pozícií a na druhej strane je viacero zamestnancov v preddôchodkovom a dôchodkovom veku. Rovnako sa mi, verím, podarí zabezpečiť v súčinnosti s kolegami aktualizáciu Koncepcie vodnej politiky Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 tak, aby z nej boli odstránené opatrenia, ktoré do nej boli vložené politickým rozhodnutím a bez relevantného posúdenia. Tým by sa okrem iného otvoril priestor aj pre realizáciu vyššie uvedeného dlhodobého „projektu“, respektíve vízie.

Na záver ešte spomeniem želanie, aby sa spoločnosť vrátila pri rozhodovaní k pragmatizmu a potlačila ekologický extrémizmus urážajúci vodohospodárov, resp. stavebných inžinierov titulmi ako zástupcovia „betónovej lobby“ a pod.

Není žádným tajemstvím, že máte syna. Půjde i on v otcových stopách?

Ako sa hovorí, „nikdy nehovor nikdy“, ale berúc do úvahy vyššie uvedené a z aktuálne vypozerovanej situácie si dovoľím vysloviť presvedčenie, že v tomto prípade nebude platiť, že „jablko nepadá ďaleko od stromu“. Syn v tomto školskom roku ukončí štúdium na osemročnom gymnáziu a zatiaľ nič nenasvedčuje tomu, že by sa mal po maturite uberať vodohospodárskym smerom, čo mu samozrejme v žiadnom prípade nebudem zazlievať.

Každopádne mu budem fandieť a podporovať ho v jeho ďalšom napredovaní bez ohľadu na smer, ktorý si zvolí, napokon, ani mňa nikto nenútil ísť študovať zvolený smer.

Pane řediteli, srdečně děkuji za váš čas, který jste věnoval našemu rozhovoru.

Ing. Josef Nistler

Ing. Vladimír Novák

Ing. Vladimír Novák se narodil 31. května 1974 v Bratislavě. Vystudoval hydrotechniku na Stavební fakultě Slovenské technické univerzity v Bratislavě. Je dlouholetým odborníkem na vodní hospodářství. Na základě usnesení vlády byl jmenován do funkce zmocněnce vlády SR pro spolupráci na hraničních vodách se sousedními státy (s Českou republikou, Ukrajinou, Maďarskem a Rakouskem) a do funkce předsedy slovenské části Slovensko-polské komise pro hraniční vody. Byl prvním ředitelem Agentury rozvoje vodní dopravy (2011).

Jako člen slovenské vládní delegace se také účastnil a účastní na jednáních vládních delegací majících za cíl ukončení dlouholetých diskuzí k nalezení definitivního společného řešení otevřených otázek týkajících se přípravy, výstavby a provozu Soustavy vodních děl Gabčíkovo-Nagymaros. Jeho práce je rovněž spojena se zastupováním SR v multilaterálních platformách, jako jsou neformální zasedání vodních a mořských ředitelů Evropské unie či aktivity v prioritní oblasti pro ochranu kvality vod (PA 4) Evropské strategie pro dunajský region (EUSDR). V současnosti je generálním ředitelem sekce vod slovenského Ministerstva životního prostředí, prezidentem ICPDR pro rok 2024, vodohospodářským expertem v stálých hraničních komisích pro otázky charakteru a vytýčení státní hranice a v neposlední řadě dlouholetým předsedou Slovenského plavebného kongresu.



Predsedsníctvo Slovenskej republiky v Medzinárodnej komisii pre ochranu Dunaja

V roku 2024 Slovenská republika predsedá Komisii pre ochranu Dunaja (International Commission for the Protection of the Danube River, ICPDR).

Predsedsníctvo sa uskutočňuje na základe rotácie 14 dunajských štátov a Európskej komisie, ktoré sú signatármi *Dohovoru o spolupráci pri ochrane a trvalom využívaní Dunaja*. Z uvedeného dôvodu je Slovenská republika raz za 15 rokov predsedajúcim štátom.

V rámci predsedsníctva Slovenskej republiky v ICPDR menoval podpredseda vlády a minister životného prostredia Slovenskej republiky za prezidenta ICPDR na rok 2024 Ing. Vladimíra Nováka, generálneho riaditeľa sekcie vôd, o čom informovala ICPDR na 14. pravidelnom zasadnutí vedúcich delegácií ICPDR, ktoré sa uskutočnilo v decembri 2023 vo Viedni.

Dohovor o spolupráci pri ochrane a trvalom využívaní Dunaja bol podpísaný dňa 29. júna 1994 v Sofii v Bulharsku. V roku 2024 si preto pripomínáme 30 rokov úspešnej spolupráce dunajských krajín. Okrem toho si v roku 2024 pripomínáme aj ďalšie výročie, a to 20 rokov od vyhlásenia medzinárodného Dňa Dunaja, ktorým sa stal práve z dôvodu podpisu Dohovoru 29. jún.

Dohovor o spolupráci pri ochrane a trvalom využívaní Dunaja vytvoril základy pre budúcu spoluprácu podunajských krajín, najmä pri implementácii rámcovej smernice EÚ o vode a smernice Európskej únie o hodnotení a manažmente povodňových rizík. V tejto súvislosti ICPDR vyvíja podporné aktivity a opatrenia v povodí rieky Dunaj, koordinuje implementáciu smerníc EÚ v oblasti vôd a vytvára platformu pre pokračujúcu výmenu skúseností a uľahčuje spoluprácu medzi členskými a nečlenskými krajinami EÚ. Vo februári 2022 všetky signatárske štáty Dohovoru podpísali *Ministerskú dunajskú deklaráciu*, ktorou sa zaväzujú dosiahnuť dobrý stav vôd, zvýšiť bezpečnosť obyvateľov pred povodňami a suchom a zároveň prinavrátiť do vôd Dunaja jeho ikonickú rybu – jesetera.

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky v gescii sekcie vôd počas predsedsníctva, v dňoch 25. a 26. júna 2024, zorganizovalo dvojdné zasadnutie Stálej pracovnej skupiny, ktorá prerokovala zásadné smerovanie činnosti ICPDR. Zasadnutie v mene predsedajúcej krajiny ICPDR otvoril a viedol prezident ICPDR na rok 2024, Ing. Vladimír Novák.

Ďalej sekcia vôd Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky zabezpečila zorganizovanie rokovania technickej expertnej skupiny Monitoring & Assessment Expert Group (MA EG), v termíne 25. a 26. septembra 2024 v Bratislave, v priestoroch Výskumného ústavu vodného hospodárstva (VÚVH) a on-line formou.

Okrem toho sa 24. septembra 2024 uskutočnilo v priestoroch Výskumného ústavu vodného hospodárstva a on-line formou tzv. JDS5 Biology Core Group a JDS5 Chemical Core Group – pracovné stretnutia, zamerané na organizáciu Spoločného prieskumu Dunaja a jeho prítokov (JDS5) v roku 2025 s cieľom navrhnuť program pre oblasť biológie a chémie. Organizáciu a priestory zabezpečil VÚVH.

Prioritami slovenského predsedsníctva v ICPDR boli v roku 2024 najmä nasledovné aktivity:

- Podpora pre spracovanie tzv. ICPDR Interim Report o spoločnom programe opatrení, resp. plnenie *Plánu manažmentu povodia Dunaja*. Prieběžná správa bude spracovaná formou príkladov úspešných plnení rámcovej smernice EÚ o vode a smernice EÚ o povodňových rizikách. Termín schválenia priebežnej správy je december 2024.

- Podpora pre Joint Danube Survey 5 (JDS5) – ide o piaty cyklus spoločného prieskumu Dunaja. Predchádzajúce prieskumy sa uskutočnili v rokoch 2001, 2007, 2013 a 2021. JDS je najkomplexnejším výskumným projektom v oblasti monitorovania povrchových vôd na svete, ktorý harmonizuje postupy monitorovania vody v dunajských krajinách na podporu dodržiavania rámcovej smernice o vode. Na prieskume sa podieľajú vedecko-výskumné tímy všetkých dunajských krajín. JDS pomáha pokryť informačné medzery potrebné pre aktualizáciu plánu manažmentu správneho územia povodia Dunaja. Dôležitú úlohu zohráva VÚVH – Národné referenčné laboratórium, ktoré disponuje vysoko odborne pripravenými pracovníkmi a laboratórnymi zariadeniami. Na prieskume spolupracuje aj Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), ktorý uskutočňuje in-kind podporu pre TransNational Monitoring Network pre všetky krajiny Dunaja. V JDS5 budú nové výzvy pre monitorovanie: eDNA, ktoré budú slúžiť na hodnotenie prvkov biodiverzity, a bude sa tiež monitorovať výskyt jesetera. Príprava na JDS5, ktoré sa predpokladá zrealizovať na jar 2025, sa uskutočňuje počas celého roku 2024.
- Podpora organizovania workshopu „Sustainable Hydropower“, ktorý sa uskutočnil v dňoch 4. a 5. júna 2024 vo Viedni. V roku 2011 ICPDR publikovala *Hlavné zásady integrácie environmentálnych aspektov využívania vodnej energie*, ktoré sa dunajské krajiny zaviazali zapracovať do národných politík. Cieľom workshopu bolo prezentovať nové výzvy v oblasti obnoviteľných zdrojov energie a prijatia nariadenia EÚ REPower v roku 2021 v krajinách dunajského povodia. Vodné elektrárne ponúkajú možnosť zníženia emisií skleníkových plynov, ale súčasne majú negatívne dopady na riečnu ekológiu. Workshop bol dialógom medzi vodohospodármi a energetikmi pre zabezpečenie vyváženého a integrovaného rozvoja, ktorý sa od začiatku zaoberal potenciálnym konfliktom záujmov.
- Sprievodné akcie pri príležitosti Dňa Dunaja 29. júna 2024, z dôvodu oslavy 20. výročia vyhlásenia Dňa Dunaja. Tento medzinárodný deň bol vyhlásený pri príležitosti 10. výročia podpisania *Dohovoru o spolupráci pri ochrane a trvalom využívaní Dunaja*.
- Prezentovanie aktivít v rámci projektu „LIFE Living Rivers“, cieľom ktorého je obnova riek. Na projekte spolupracuje sekcia vôd Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky a vedúcim partnerom je VÚVH. Predpokladalo sa, že zástupcovia dunajských krajín budú pozvaní na niektorý z workshopov v roku 2024. Ide o príspevok k plneniu Vodného plánu Slovenska ako aj rámcovej smernice EÚ o vode a nariadenia EÚ o obnove prírody, záväzku obnovy riek a zabezpečenia voľne tečúcich úsekov riek.

Autor

Ing. Vladimír Novák

✉ vladimir.novak@enviro.gov.sk

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky

Informatívni článok, ktorý nepodliehá recenznému řízení.

ISSN 0322-8916 © 2024 Autor. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0



XXVII. konference *Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství*

Již tradiční XXVII. konference *Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství* se uskutečnila ve dnech 21. a 22. května 2024 v hotelu Clarion v Českých Budějovicích. Odbornou garantkou byla Ing. Barbora Sedlářová (VÚV TGM) a organizačním garantem Jan Kříž (ČTVVHS, z. s.). Konference se zúčastnilo 63 odborníků, z toho 58 z České republiky a pět ze Slovenské republiky.

V úvodní přednášce Ing. Jan Varmuža (SÚJB) informoval o novelizaci atomového zákona z pohledu monitorování radiační situace v povrchových vodách. V následující prezentaci RNDr. Jana Slimáková, Ph.D. (Úřad veřejného zdraví SK), shrnula zkušenosti z monitorování radiační situace na Slovensku. Následovala přednáška věnovaná novelizaci atomového zákona z pohledu sledování tritia ve vodách prezentovaná Dr. Ing. Milanem Hortem (SÚJB). Poté Ing. Marcela Velkoborská (SÚJB) pokračovala s informací týkající se novelizace příslušných vyhlášek věnovaných legislativě pro požadavky na dodávání a úpravu vody z podzemních zdrojů.

Další blok příspěvků byl věnován měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů s možným zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů vznikajících v úpravách podzemních vod. Problematiku zpřesnění odhadu obsahu uranu 234 prezentovala Ing. Tereza Doksanská (SÚRO) a praktické zkušenosti a podněty k revizi doporučení SÚJB shrnul Ing. Tomáš Bouda (ALS Czech Republic). Další téma bylo věnováno hlubinnému úložišti radioaktivních odpadů, a to z pohledu charakterizace vhodných lokalit pomocí stanovení aktivit dlouhodobých radionuklidů v podzemních vodách. Ve své přednášce jej shrnul Mgr. Michal Fejgl, Ph.D. (SÚRO). Ing. Hana Sýbková (SÚJCHBO) informovala o vyhodnocení vyluhování radioaktivních prvků z horninového materiálu z odvalů po těžbě uranu používaných pro výstavbu dálnic. Problematice včasného zachytu případné radioaktivní události je v poslední době věnována velká pozornost. Mgr. Michal Fejgl, Ph.D. (SÚRO), proto ve svém příspěvku představil výsledky aktuálně vyvíjeného zařízení umožňujícího kontinuální stanovení aktivity gama ve srážkových vodách.

Následoval blok přednášek věnovaný výskytu umělých radionuklidů v povrchových vodách. RNDr. Diana Marešová, Ph.D. (VÚV TGM), shrnula poznatky o existujících datech objemových aktivit tritia a o jejich vývoji ve srážkách a povrchových vodách v povodí Vltavy a Labe. Mgr. Enrico Mariaca (VÚVH) navázal s informací o objemových aktivitách v hraničních vodních tocích na Slovensku. Ing. Eva Juranová, Ph.D. (VÚV TGM), prezentovala poznatky z monitorování uhlíku 14 v povrchových vodách v okolí jaderných elektráren Dukovany a Temelín. Další příspěvky byly věnovány stanovení dlouhodobých radionuklidů pomocí urychlovačové hmotnostní spektrometrie (Accelerator Mass Spectrometry, AMS) využitelné coby stopovače lidské jaderné činnosti. Přednáška Ing. Tomáše Práška (KJCH FJFI ČVUT) představila prvotní měření uranu 236 v environmentálních vzorcích. Ing. Edita Červenková (KJCH FJFI ČVUT) informovala o stanovení jodu 129 v říční vodě jako stopovače jaderných havárií a o vlivu přepracování vyhořelého jaderného paliva na životní prostředí. Využití jodu 129 jako oceánografického stopovače shrnula ve své prezentaci Ing. Miriam Mindová (KJCH FJFI ČVUT). Ing. Jakub Sochor (KJCH FJFI ČVUT, FTOP VŠCHT) nastínil možnost využití ionizujícího záření při řešení problematiky degradace genů antibiotické rezistence ve vodách. V závěru RNDr. Tomáš Soukup (ČMI) shrnul stanovení radioaktivních ukazatelů z hlediska metrologie a Ing. Lenka Fremrová (Sweco Hydroprojekt, a. s.) připravila přehled norem pro stanovení radioaktivních látek ve vodách a dalších souvisejících norem. Sborník



z konference je k dispozici na webové adrese: https://www.vuv.cz/wp-content/uploads/2024/05/Radionuklidy-2024_Sbornik.pdf.

Konference nabídla platformu pro sdílení odborných zkušeností, prezentaci nejnovějších poznatků z výzkumu a možnost navázání nových spoluprací mezi odborníky z oblasti radiační bezpečnosti a vodního hospodářství. Účastníci ocenili široké spektrum diskutovaných témat i kvalitu odborných příspěvků, které přispěly k lepšímu porozumění problematice radionuklidů v životním prostředí. V závěru jednání bylo doporučeno uspořádat již XXVIII. konferenci *Radionuklidy a ionizující záření ve vodním hospodářství*, a to v roce 2026.

Autorka

Ing. Barbora Sedlářová

✉ barbora.sedlarova@vuv.cz

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha (Česká republika)

Informativní článek, který nepodléhá recenznímu řízení.

ISSN 0322-8916 © 2024 Autorka. Tuto práci je kdokoli oprávněn šířit a využívat za podmínek licence CC BY-NC 4.0





VTEI/2024/6

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 66



VTEI.cz

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

Redakční rada:

Ing. Libor Ansoerge, Ph.D., RNDr. Jan Daňhelka, Ph.D., doc. Ing. Michaela Danáčová, Ph.D.,
doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur, prof. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D., Mgr. Róbert Chriateľ,
Mgr. Vít Kodeš, Ph.D., Ing. Jiří Kučera, PharmD. Markéta Marvanová, Ph.D., BCGP, BCPP, FASCP,
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:

prof. 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 Vosíka

Šéfredaktor:

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

Odborné redaktorky:

Mgr. Zuzana Řehořová (zuzana.rehoro@vuv.cz)
Mgr. Hana Beránková (web) (hana.berankova@vuv.cz)

Zdroje fotografií tohoto čísla:

VÚV TGM, 123RF.com, doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D., archiv MŽP SR, umělá inteligence

Grafická úprava, sazba, tisk:

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

Náklad 400 ks. Časopis VTEI vychází od roku 2022 v anglické mutaci,
která je k dispozici na <https://www.vtei.cz/en/>

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

VTEI je součástí databází Scopus a DOAJ.

CC BY-NC 4.0
ISSN 0322-8916
ISSN 1805-6555 (on-line)
MK ČR E 6365



HVOZDNICE UPROSTŘED HVOZDŮ

Říčka Hvozdnice patří mezi jeden z nejvýznamnějších přítoků řeky Moravice, která se pak jen o několik kilometrů dále vlévá do Opavy. Pramen nalezneme severně od vodního díla Slezská Harta v nadmořské výšce 690 m. Její celková délka činí 36 km a plocha povodí 164 km². Řeka protéká romantickým krajem zrušených břidlicových dolů Nízkého Jeseníku, což napoví nejen geologům názvy místních obcí Jakartovice a Mladecko. Břidlice z kulmu Nízkého Jeseníku jsou všeobecně považovány za jedny z nejkvalitnějších, zdobí mimo jiné sakrální stavby ve slezské Vratislavi nebo v saských městech. Zrušené povrchové doly či štoly dodávají této krajině nevšední romantický nádech, navíc jsou tyto krajinné enklávy živou učebnicí botaniky, zoologie i lesnictví. Aktuální sukcesní série jsou často tvořeny pionýrskými dřevinami břízy a borovice. Tyto plochy sekundárního bezlesí jsou zároveň centry výskytu vzácných druhů rostlin a živočichů. Z charismatických druhů lze jmenovat např. naši největší sovu výra velkého (*Bubo bubo*) a také kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*), jenž spolu s výřečkem malým (*Otus scops*) naopak patří k nejmenším sovám české krajiny. Na Hvozdnici také historicky fungovala celá kaskáda vodních mlýnů, přičemž jeden z nich dal jméno i obci – Pilný Mlýn. Před soutokem s Moravicí u obcí Štáblovice a Slavkov Hvozdnici lemují jedny z mála dochovaných zbytků lužního lesa na Opavsku.

Text a fotografii dodal doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D.

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

veřejná výzkumná instituce

VTEI.cz