

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

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:

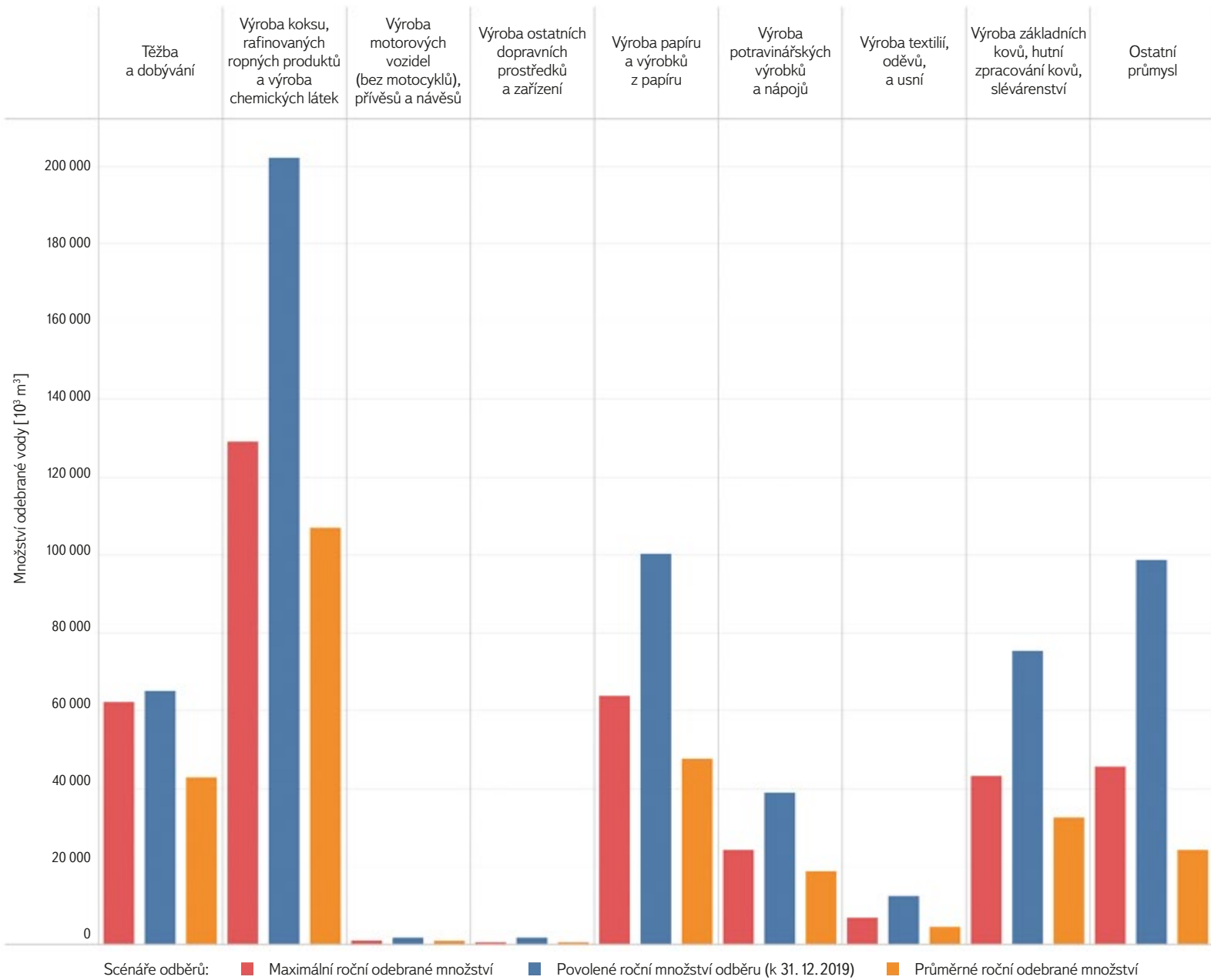
1. Nedostatečně zřetelné či zavádějící trendy
Celková potřeba vody v průmyslu v ČR dlouhodobě klesá, nicméně prosté promítnutí tohoto směru do budoucna by mohlo vést ke zcela mylným závěrům (teoreticky až k téměř nulové potřebě vody). A naopak případný růst

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.

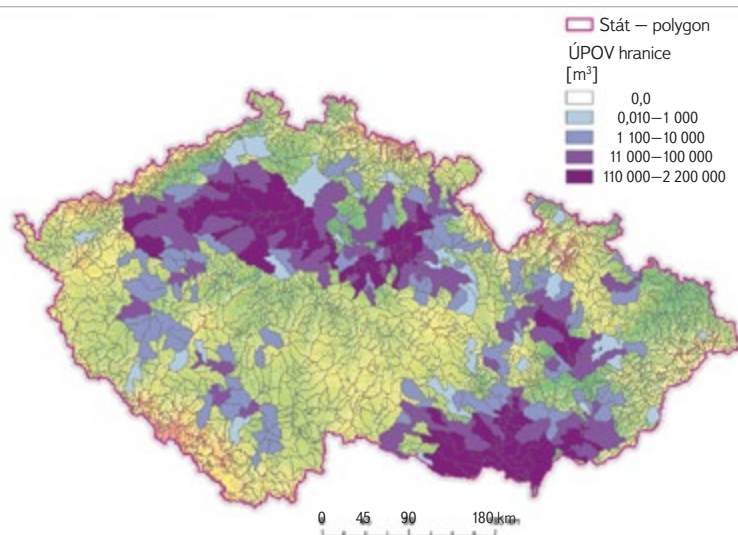
VÝSLEDKY

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 citlivá 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].

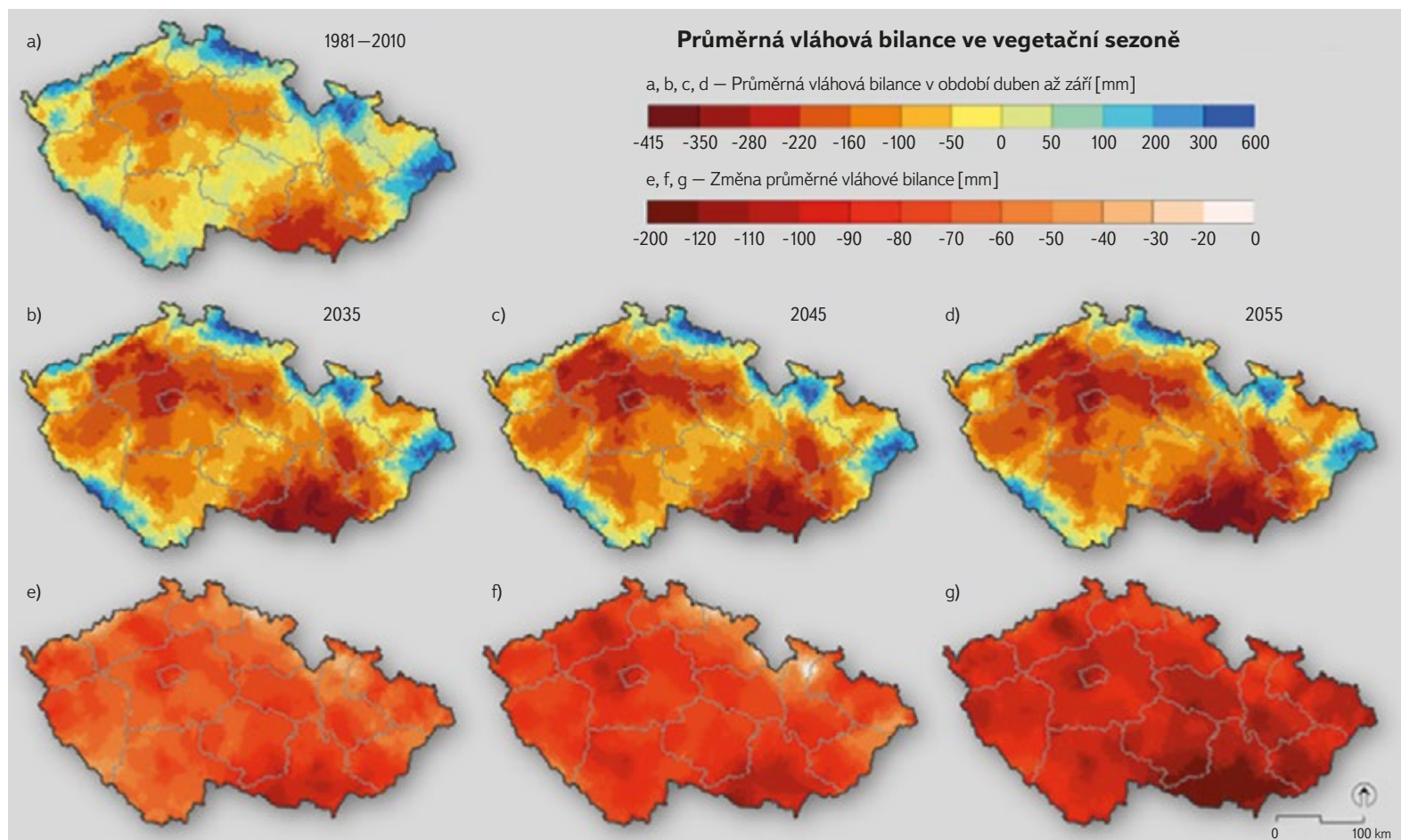
V souladu s uvedenou metodikou byly z množiny přibližně 20 CMIP6 GCM, které měly dostupné všechny nezbytné prvky a emisní scénáře, na základě validace vyloučeny ty modely, jež nebyly schopny věrohodně simulovat klima střední Evropy nedávné minulosti. Z ostatních modelů pak bylo vybráno šest GCM s rozlišením 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 napojí 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/kulturní, 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, vinné, 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.

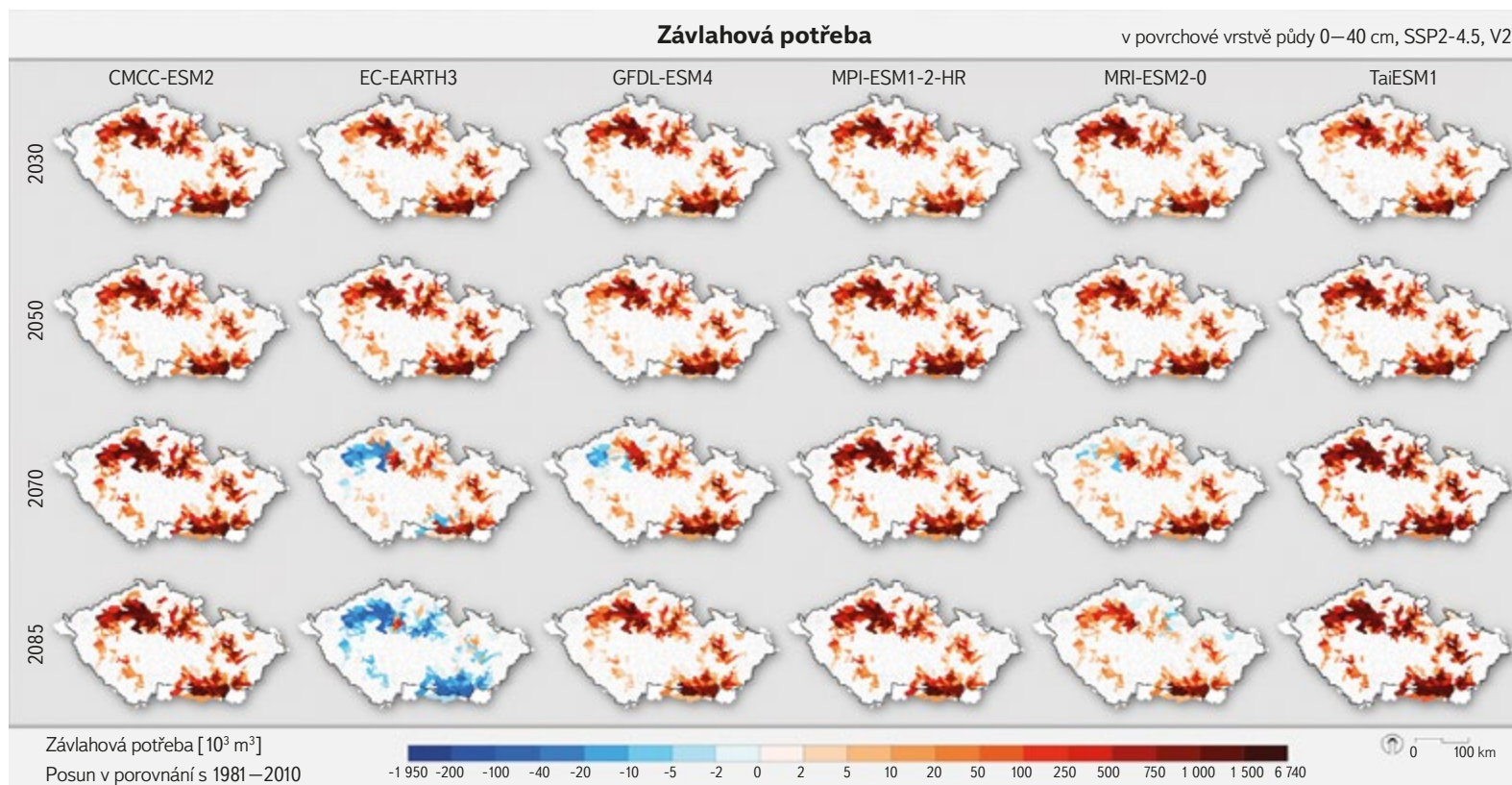
KZ = K₁ + K₂

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), vinné, 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*).

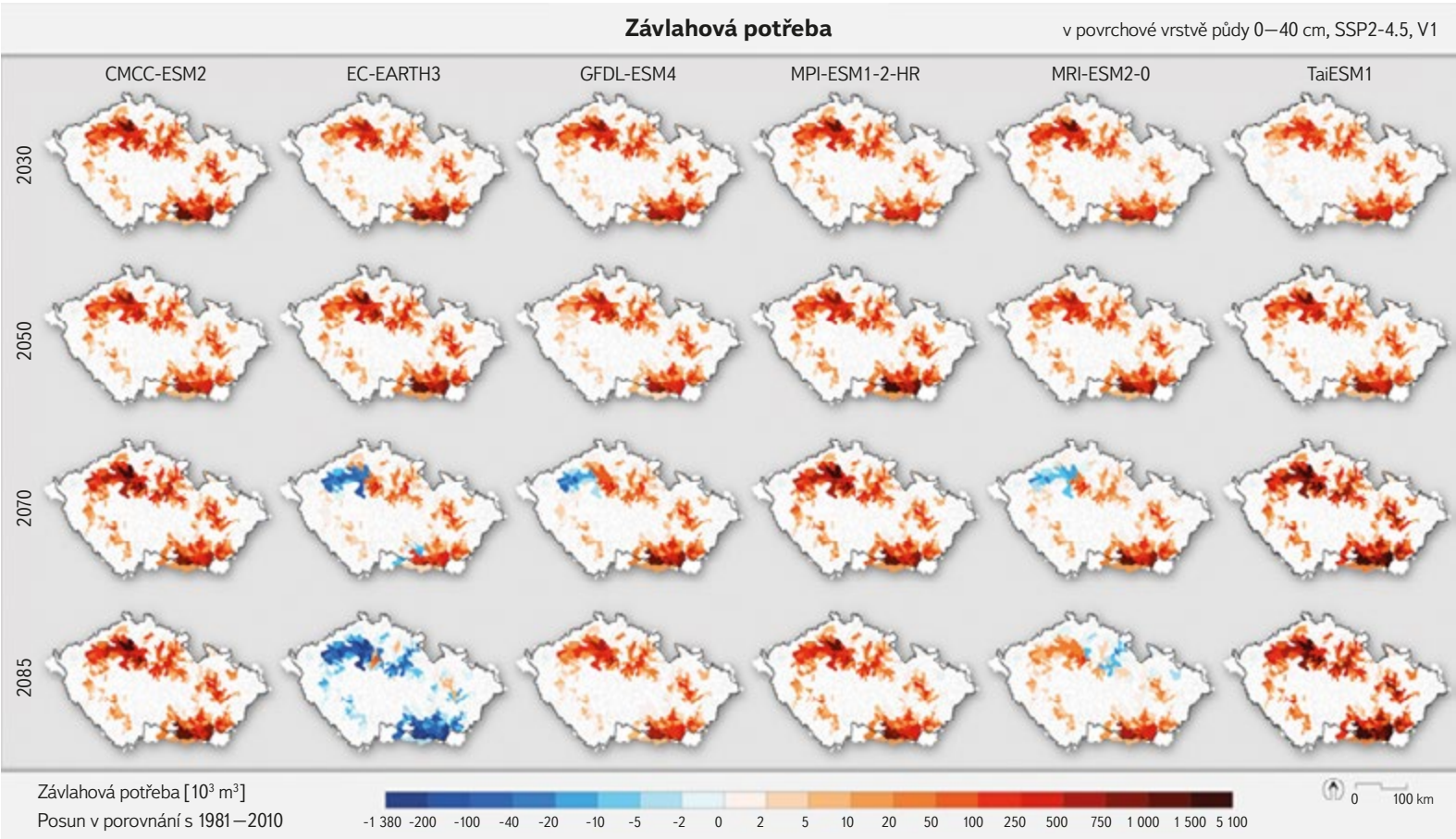
Finální výpočet vláhové potřeby tak kombinuje inovované postupy na základě platné ČSN 75 0434, praktické zkušenosti ze závlahové praxe a také reálné složení plodin v ÚPOV se závlahou, protože konkrétní využití závlah nelze prozatím jinak stanovit. Byly vytvořeny dva scénáře pro určení závlahových potřeb.

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. Zřetelně 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

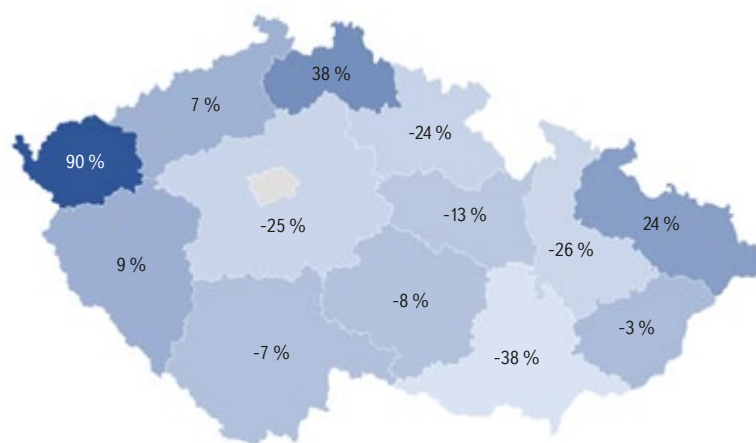
	Počet kusů					Průměrná spotřeba vody [m³/rok]				
	2005	2020	2035	2050	[%]	2005	2020	2035	2050	[%]
Jihočeský kraj										
Skot	211 413	219 914	221 264	222 448	+5,22 %	6 294 977	6 518 437	6 585 213	6 649 032	+2,00 %
Prasata	348 209	85 091	0	0	-100 %	709 413	172 383	0	0	-100 %
OKK	25 861	36 721	51 972	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.

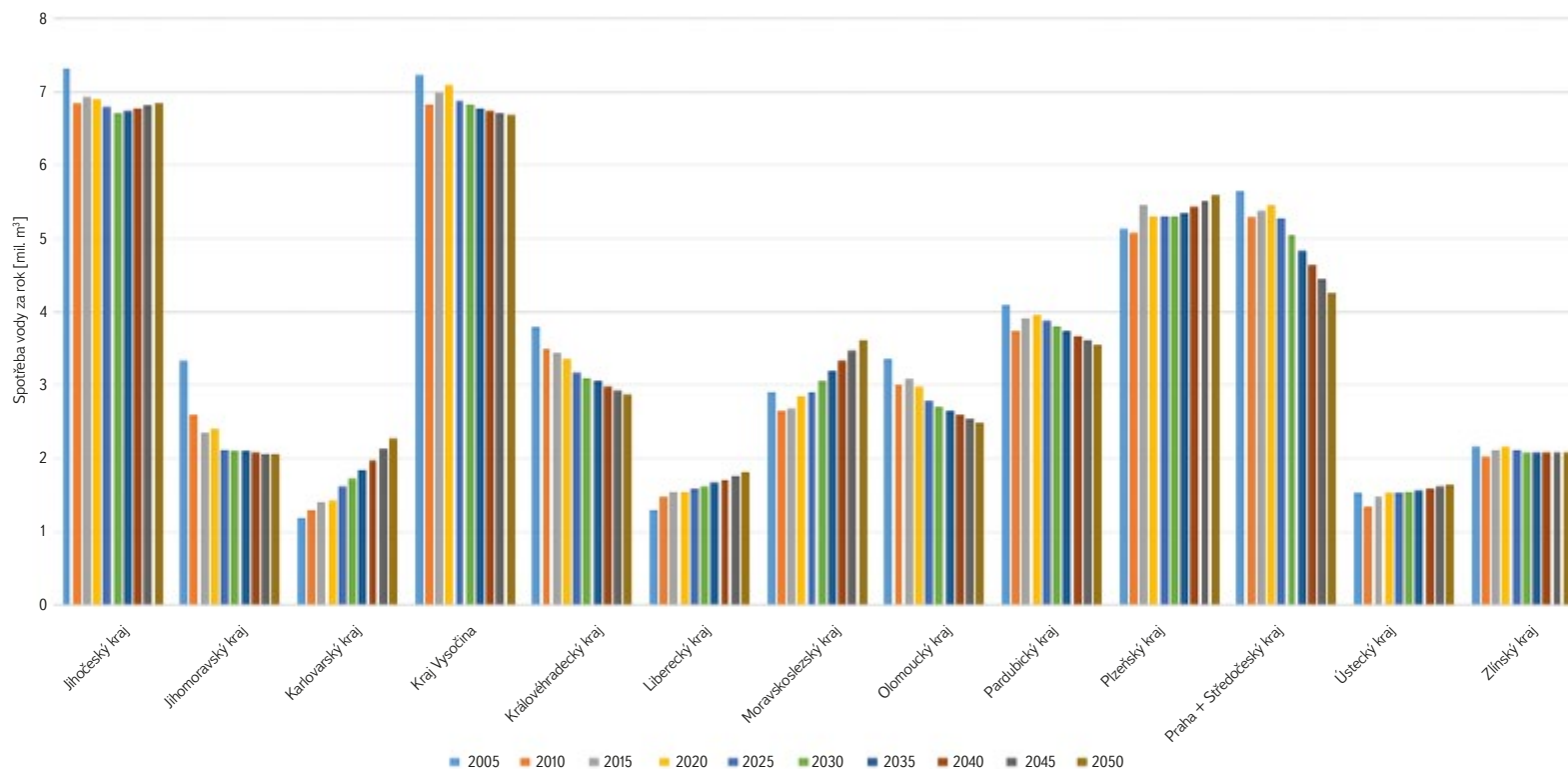


Obr. 6. Procentuální změna v průměrné spotřebě vody v jednotlivých krajích ČR v roce 2050 oproti roku 2005

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

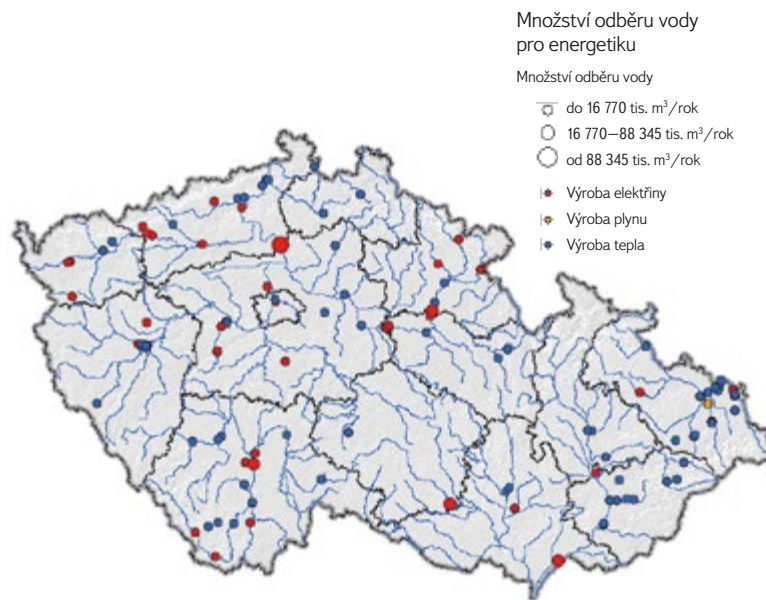
a byla také provedena predikce jejich počtu v následujících letech do roku 2050 (obr. 7). Na základě zjištěných počtů kusů chovaných hospodářských zvířat byla stanovena i jejich spotřeba vody. Do roku 2050 se očekává výrazné omezení chovu prasat a drůbeže ve většině krajů ČR a naopak výrazný nárůst počtu 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.

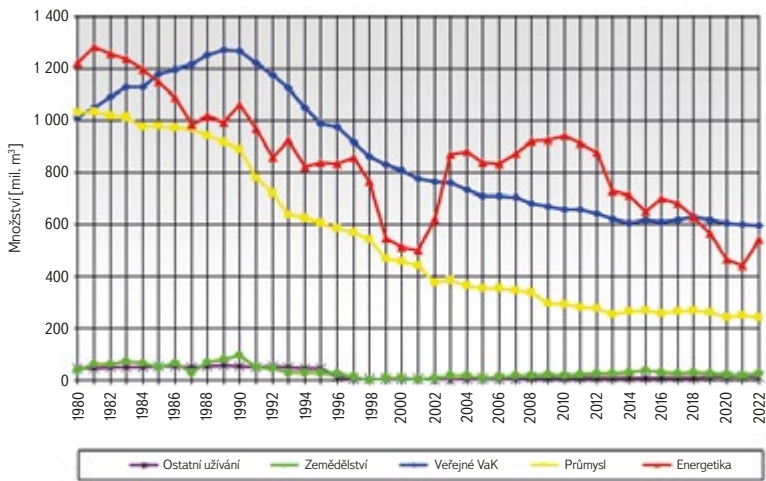
1. Sběr dat – zahrnuje shromáždění údajů o spotřebě vody v různých odvětvích energetického sektoru a identifikaci klíčových objektů spotřeby.
2. Analýza dat o dosavadním užívání vody v sektoru energetika: Tato fáze se soustředila na zhodnocení historických dat a aktuálního stavu užívání vody v energetickém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

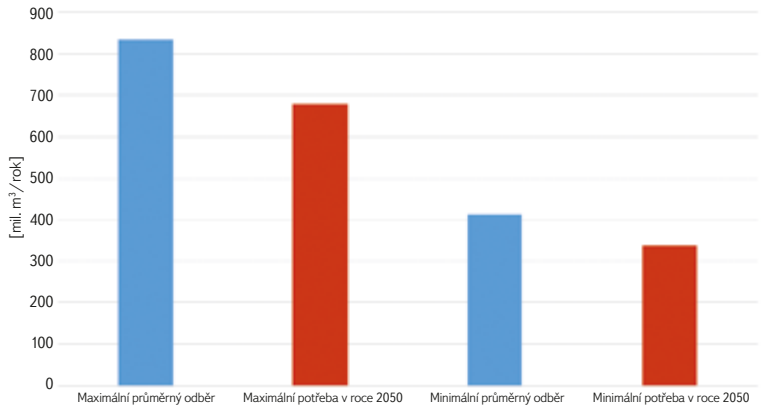
Druh energie	Minimum	Maximum
Rok 2050		
Uhlí a uhelné deriváty	3 %	4 %
Zemní plyn	7 %	7 %
Ropa a ropné produkty	12 %	13 %
Jaderná energie	32 %	42 %
Obnovitelné zdroje	36 %	44 %

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)

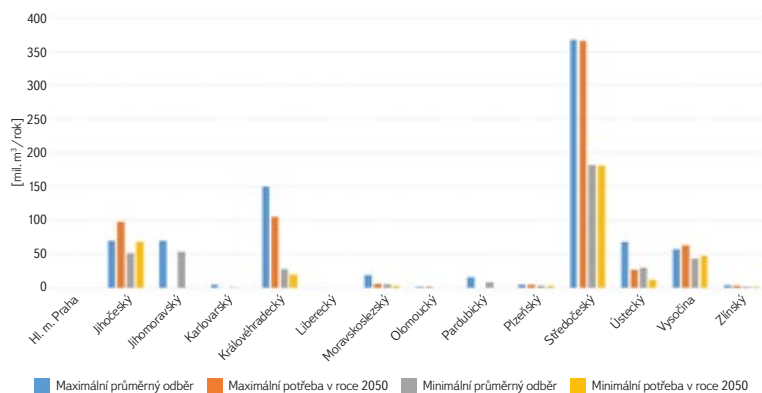
Druh energie	Minimum	Maximum
Rok 2050		
Uhlí a uhelné deriváty	0 %	0 %
Zemní plyn	0 %	0 %
Ropa a ropné produkty	36 %	50 %
Jaderná energie	43 %	56 %
Ostatní	7 %	8 %

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 obcí 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*“.

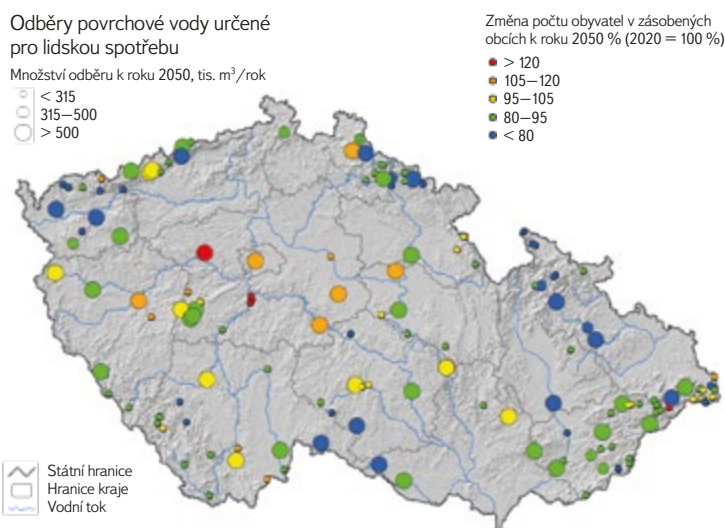
VÝSLEDKY

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.

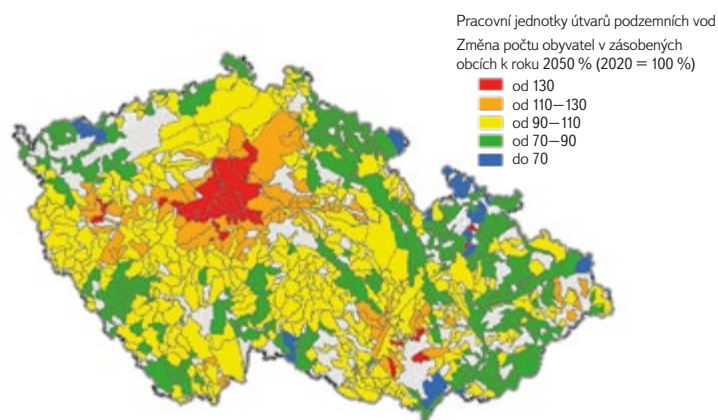
NEJISTOTY

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 reálně 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 – Prostor 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 Katastru 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-zemedelske-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>
- [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_IVSV\\$Utvar\\$infodat&pgload=1&ico=icoopeninf.png&nadpis1=Vodn%EDch%20%FAtvar%20v%E8etn%EC%20siln%EC%20ovliven%ECn%FDch%20v od n % E D c h % 2 0 % F A t v a r % F 9 % 2 0 a % 2 0 u m % E C I % F D c h % 2 0 v o d n % E D c h % 2 0 % F A t v a r % F 9 & nadpis2=Informace%](https://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp?pg=HTML_IVSV$Utvar$infodat&pgload=1&ico=icoopeninf.png&nadpis1=Vodn%EDch%20%FAtvar%20v%E8etn%EC%20siln%EC%20ovliven%ECn%FDch%20v od n % E D c h % 2 0 % F A t v a r % F 9 % 2 0 a % 2 0 u m % E C I % F D c h % 2 0 v o d n % E D c h % 2 0 % F A t v a r % F 9 & nadpis2=Informace%)
- [9] POTOPOVÁ, V., TRNKA, M., VIZINA, A., SEMERÁDOVÁ, D., BALEK, J., CHAUDHERY, M. R. A., MUSÍLKOVÁ, 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., 2017.

- [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.