

Bilance zdrojů podzemní vody a potřeb pro pitné účely v podmínkách klimatické změny

HANA PRCHALOVÁ, PETR VYSKOČ, ADAM VIZINA, HANA NOVÁKOVÁ

Klíčová slova: klimatická změna — vodní zdroje — podzemní voda — zásobování pitnou vodou — vodní bilance

SOUHRN

Článek představuje výsledky vyhodnocení možného dopadu klimatické změny na možnosti odběrů podzemní vody pro pitné účely k časové úrovni 2041–2060. Součástí výsledků je zpracování bilance množství podzemních vod současného stavu na menší plošné jednotky, než se dosud zpracovávaly. Metodické řešení vychází z postupů vodohospodářské bilance a hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod. Nejprve byla vyhodnocena bilance množství podzemních vod současného stavu na úrovni pracovních jednotek vodních útvarů, posléze výhledová bilance s možným dopadem klimatické změny. Porovnat bylo možné výsledky současného stavu – zatímco pro hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod vycházelo jako nevyhovující 12,5 % plochy, při hodnocení pracovních jednotek vychází jako rizikové 7,3 % plochy. Toto snížení je dáno větší podrobností hodnocení. Klimatickou změnou pravděpodobně dojde ke zhoršení na 16,1 %, tedy o 8,8 procentních bodů proti současnému stavu. Nicméně je nutno mít na paměti, že řešení je zatíženo značnou nejistotou, která je dána hlavně způsobem výpočtu přírodních zdrojů podzemních vod v současnosti, heterogenitou přírodních zdrojů v hydrogeologických rajonech, aproximací přírodních zdrojů do budoucna a vysokým podílem pracovních jednotek s malými odběry, které byly kvůli malé věrohodnosti vyřazeny z hodnocení.

ÚVOD

Dopady klimatické změny na zásobování obyvatelstva pitnou vodou se již delší dobu modelují pro vodárenské nádrže. Podíl podzemní vody v rámci zásobování dlouhodobě kolísá mezi 44–48 % objemu [1], proto je nutné se podzemní vodou podrobněji zabývat. Již v současné době se vlivem sucha lokálně objevují problémy s odběry podzemní vody pro domácnosti. S rostoucími dopady klimatické změny se však frekvence výskytu i časový a plošný rozsah extrémních hydrologických jevů může měnit. Výsledky modelování dopadů klimatické změny pro ČR předpovídají četnější výskyt přívalových povodní a dlouhotrvajícího sucha. Tato skutečnost se v posledních letech potvrzuje na mnoha povodích. Nepříznivá situace může vést i k ohrožení spolehlivosti zásobování obyvatel pitnou vodou.

Prezentovaná bilance zdrojů podzemní vody a potřeb pro pitné účely byla zpracována v rámci řešení projektu V120192022159 „Vodohospodářské a vodárenské soustavy a preventivní opatření ke snížení rizik při zásobování pitnou vodou“ programu BV III/1-VS Ministerstva vnitra. Řešitelem projektu je Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. (dále VÚV TGM). Řešení projektu bylo zahájeno v červenci 2019, dokončení je plánováno na prosinec 2022. Projekt je zaměřen na vyhodnocení rizik zásobování pitnou vodou v důsledku klimatické změny a vytvoření technických nástrojů pro posouzení možných opatření ke zmírnění případných nepříznivých dopadů.

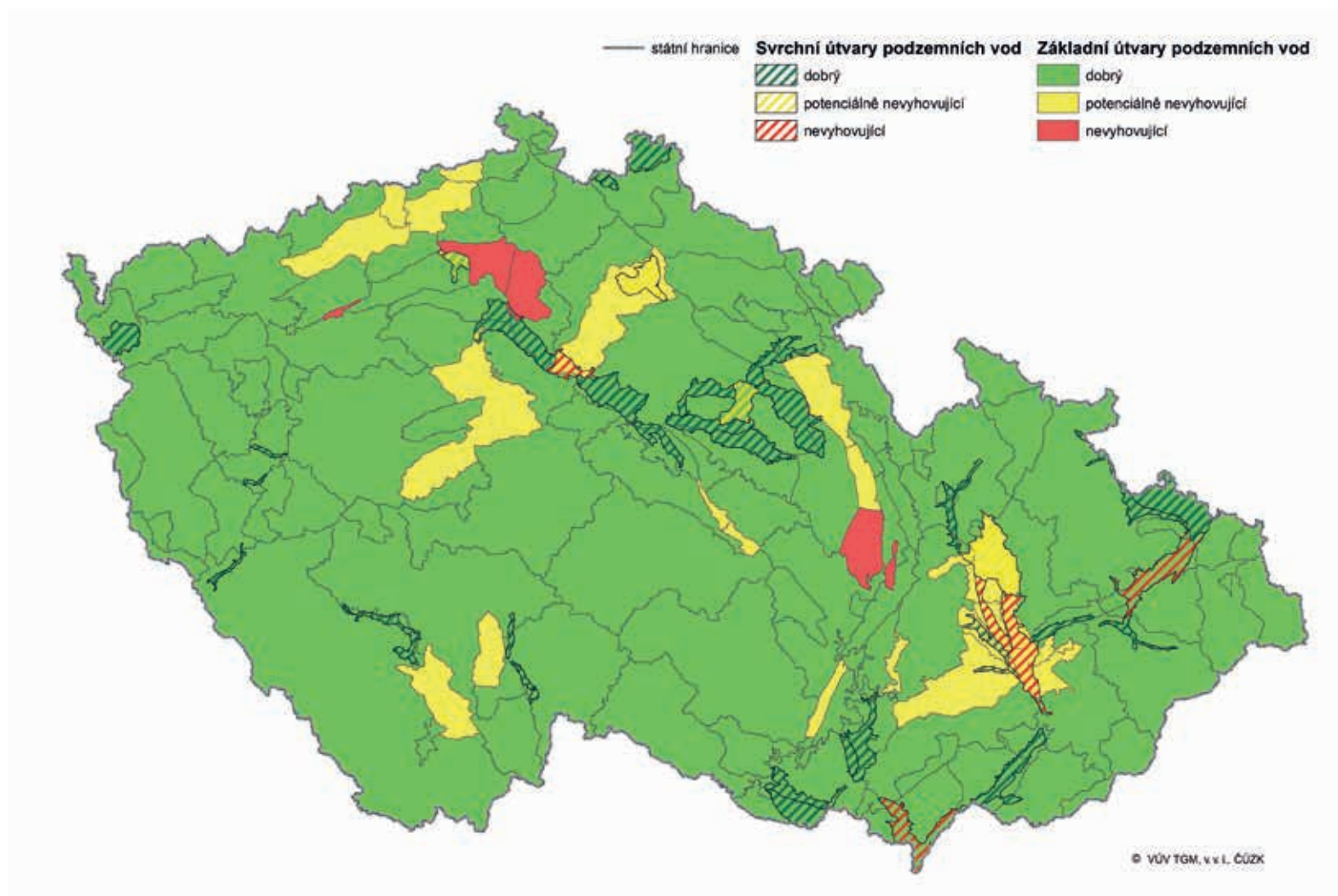
METODIKA A POUŽITÁ DATA

Vodohospodářská bilance množství podzemních vod se zpracovává každoročně pro cca 99 hydrogeologických rajonů z celkových 152, což je necelých 81 % plochy ČR [2]. Obdobným postupem, ale na základě dalších dat o přírodních zdrojích, se každých šest let zpracovává kvantitativní stav útvarů podzemních vod [3]. Hydrogeologické rajony a útvary podzemních vod jsou však často značně velké – některé mají plochu až 5 800 km². Ve výsledku pak v některých útvarech vychází kvantitativní stav jako nevyhovující či potenciálně nevyhovující, neboť se hodnotí celá plocha, přitom část útvaru je nevyhovující, což se ale ve výsledku nepromítne. Obdobně se může stát, že útvary je vyhodnocen jako nevyhovující, ačkoli ve skutečnosti se problémy vyskytují jen v jeho části. Na obr. 1 je vidět výsledek vyhodnocení kvantitativního stavu útvarů na základě dat o přírodních zdrojích a odběrech za období 2013–2018. I když je zde částečně zahrnuto suché období, reprezentuje kvantitativní stav současnost. Nevyhovujících a potenciálně nevyhovujících útvarů podzemních vod je 34 ze 174 a tvoří 12,5 % celkové plochy.

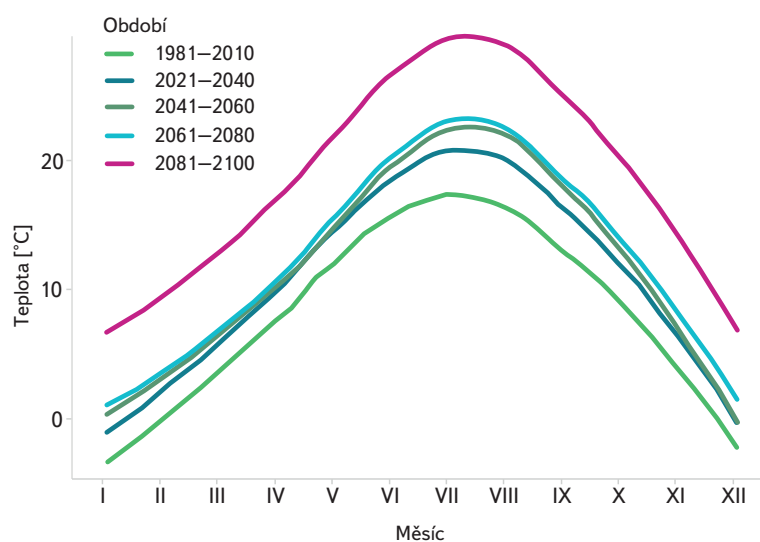
Scénáře změny klimatu ve vodním hospodářství

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 sledovaných dat tak, aby změny transformovaných veličin odpovídaly změnám odvozeným ze simulací klimatických modelů. Pro vyhodnocení byly v ČR testovány různé regionální (RCM) a globální klimatické modely. Pro hodnocení byl nakonec vybrán a ve studiích [4] doporučen model HadGEM2-ES. K modelování hydrologické bilance je využíván model BILAN, který je vyvíjen více než 20 let v oddělení hydrologie VÚV TGM [5]. 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 modelují 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 hypodermický odtok) a základní odtok [5–7]. Postup modelování dopadu změny klimatu na hydrologický režim je uveden například v článku [8].

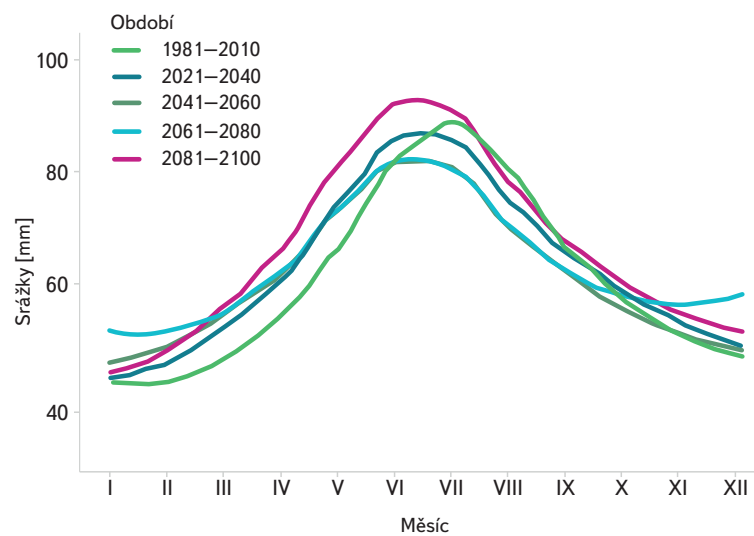
Na obr. 2 jsou uvedeny pozorované teploty vzduchu pro území ČR a jednotlivé řešené časové horizonty: referenční období (1981–2010) a výhledová období 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 a 2081–2100. Analogicky jsou na obr. 3 zobrazeny srážkové úhrny a měsíční průměry pro jednotlivá období.



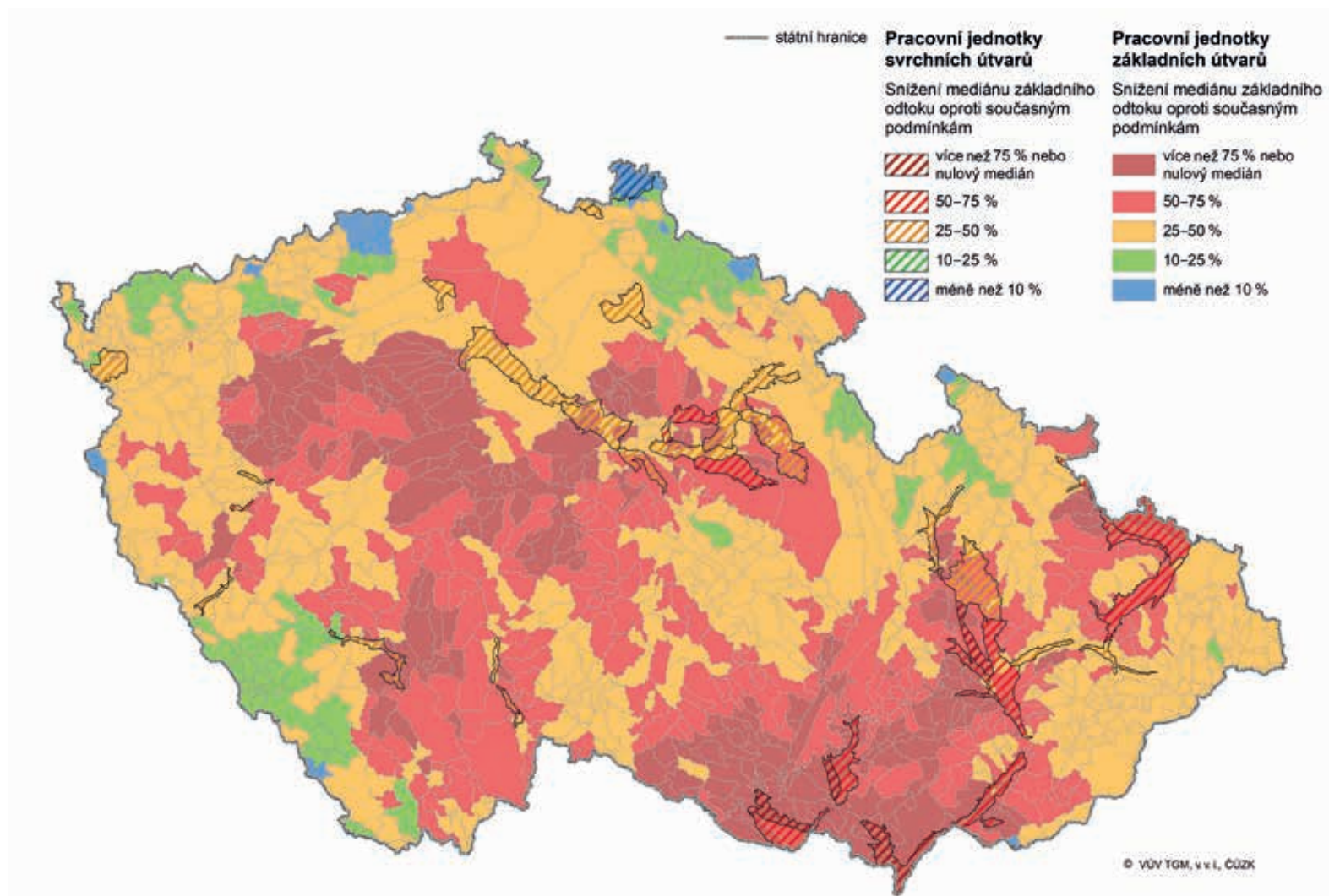
Obr. 1. Vyhodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro 3. cyklus plánů povodí
Fig. 1. Quantitative status of groundwater bodies for the 3rd cycle of River Basin Management Plan



Obr. 2. Teploty vzduchu pro jednotlivé řešené časové horizonty
Fig. 2. Air temperatures for the individual time horizons considered



Obr. 3. Srážkové úhrny pro jednotlivé řešené časové horizonty
Fig. 3. Precipitation for the individual time horizons considered



Obr. 4. Snížení mediánu základního odtoku v pracovních jednotkách útvarů podzemní vody pro model HadGEM2-ES a časovou úroveň 2041–2060

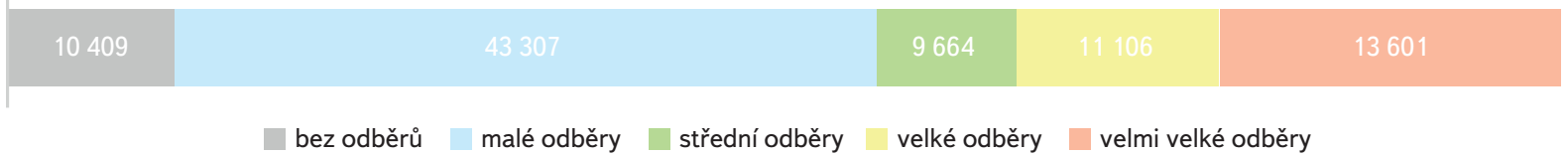
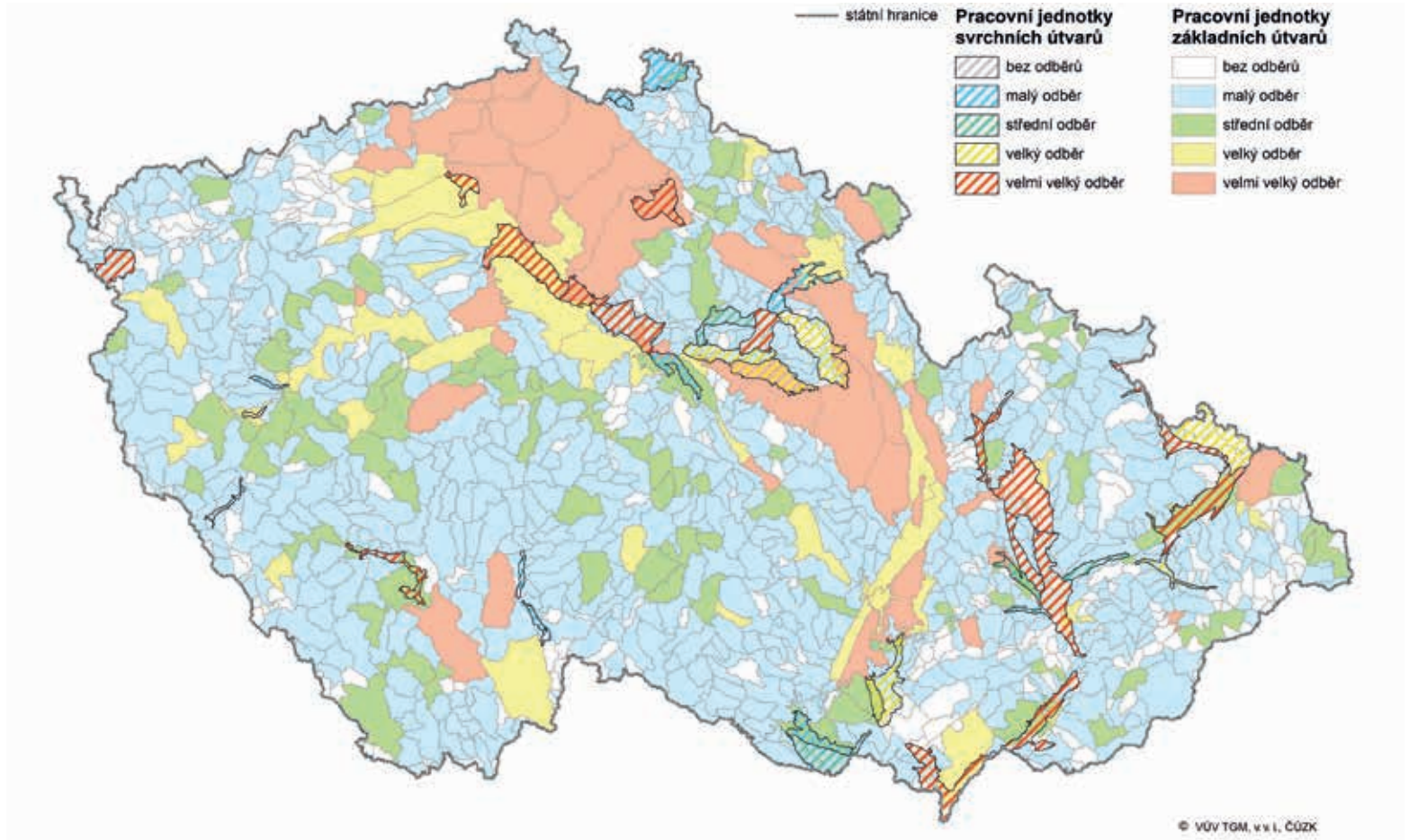
Fig. 4. Diminution of base-flow median in working areas of groundwater bodies. Model HadGEM2-ES and time period 2041–2060

V tomto kontextu byla pro hodnocení možného dopadu klimatické změny na doplňování zásob podzemních vod využita datová sada popisující dopad klimatické změny na hydrologické charakteristiky v agregaci na útvary povrchových vod zpracovaná v rámci projektů „Sucho I“ (2017–2018) a „Sucho II“ (2019–2021) financovaných Ministerstvem životního prostředí (dílní výstupy jsou dostupné na webových stránkách www.suchovkrajine.cz a hamr.chmi.cz). Změny hydrologických charakteristik v důsledku dopadu klimatické změny se vztahují k současným podmínkám reprezentovaným obdobím let 1981–2020. Pro hodnocení potenciálního dopadu klimatické změny na doplňování zásob podzemních vod a výhledovou bilanci zdrojů a potřeb (odběrů) podzemní vody byly konkrétně využity údaje o změně hodnot mediánu základního odtoku pro časovou úroveň 2041–2060.

Vzhledem k tomu, že datová sada byla zpracována na poměrně podrobné plochy mezipovodí útvarů povrchových vod (těch je v ČR 1 118), byla data převedena nikoli na 174 útvarů podzemních vod, ale na 1 220 pracovních jednotek útvarů podzemní vody pomocí geografické analýzy [9]. Na obr. 4 je vidět výsledek změny mediánu základního odtoku vyjadřujícího přírodní zdroje podzemních vod v období 2041–2060 vůči současné situaci. I když je výsledek velmi negativní – na většině ploch došlo ke snížení o nejméně 25 % –, sám o sobě neříká, jak může toto snížení základního odtoku ovlivnit požadavky na zdroje podzemních vod pro pitné účely, neboť neuvažuje jejich velikost.

Bilance množství podzemních vod současného stavu na pracovní jednotky podzemních vod

Při bilanci množství podzemních vod se porovnává suma odběrů vůči hodnotám přírodních zdrojů podzemních vod v plošné jednotce. Při vodohospodářské bilanci je touto jednotkou hydrogeologický rajon a na hydrogeologické jednotky stanovuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) přírodní zdroje. I ostatní údaje o přírodních zdrojích – Hydrogeologická rajonizace [10] a Rebilance zásob podzemních vod [11] byly vždy zjišťovány na hydrogeologické rajony, přičemž podrobnější data nejsou k dispozici. Naproti tomu odběry podzemních vod lze rozlišit na téměř jakékoli plošné jednotky. Prvním krokem řešení tohoto projektu tedy bylo rozdělení dat o současných odběrech a přírodních zdrojích podzemních vod (obojí z období let 2013–2018) na pracovní jednotky. Podle velikosti sum odběrů pak byly pracovní jednotky rozděleny na jednotky bez odběrů, s malými, středními, velkými a velmi velkými odběry. Při tomto dělení byly použity dvě varianty rozlišení velikosti odběrů – ve variantě I rozhodovala průměrná roční absolutní velikost odběrů (hraničními byly hodnoty 10, 20 a 50 l.s⁻¹), ve variantě II specifická velikost odběrů – tedy přepočet odběrů na jednotku plochy (hraničními byly hodnoty 0,05, 0,5 a 1 l.s⁻¹.km⁻²).

Plocha pracovních jednotek [km²] podle sum odběrů – varianta IObr. 5. Plocha pracovních jednotek [km²] podle sum odběrů – varianta IFig. 5. Area of working units [km²] by sum of abstractions – version I

Obr. 6. Pracovní jednotky podle sum odběrů – varianta I

Fig. 6. Working units by sum of abstractions – version I

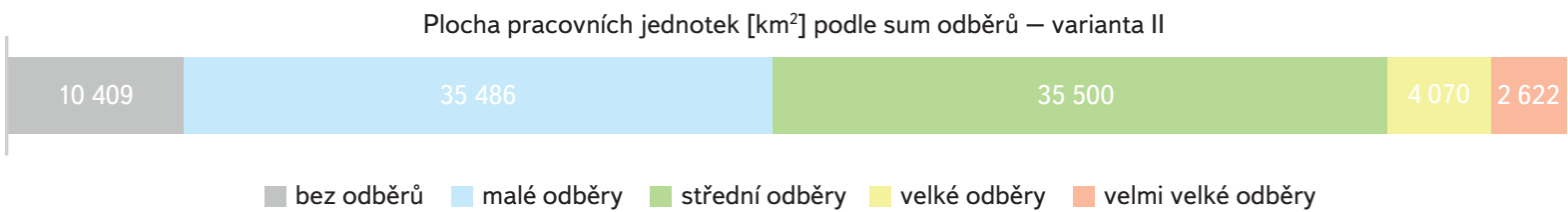
Výsledky jsou uvedeny na obr. 5 a 6 (varianta I) a na obr. 7 a 8 (varianta II). Z map je zřejmé, že varianta II lépe zohledňuje velikost pracovních jednotek (většina velkých a velmi velkých odběrů z varianty I se dostala do kategorie středních odběrů), na druhou stranu pro zásobování obyvatel je podstatnější absolutní velikost odběrů (tedy varianta I).

I když je většina odběrů podzemních vod využívána pro zásobování obyvatel, neplatí to pro všechny odběry. Z toho důvodu byla zpracována ještě mapka pracovních jednotek podle velikosti odběrů pro pitné účely (předchozí mapky zahrnují všechny odběry bez rozdílu užití) – viz obr. 10. Vzhledem k tomu, že jde jen o doplňkovou mapku, je zde uvedena pouze ve variantě I, tedy podle absolutní velikosti odběrů. Totéž platí pro graf s velikostí ploch (obr. 9).

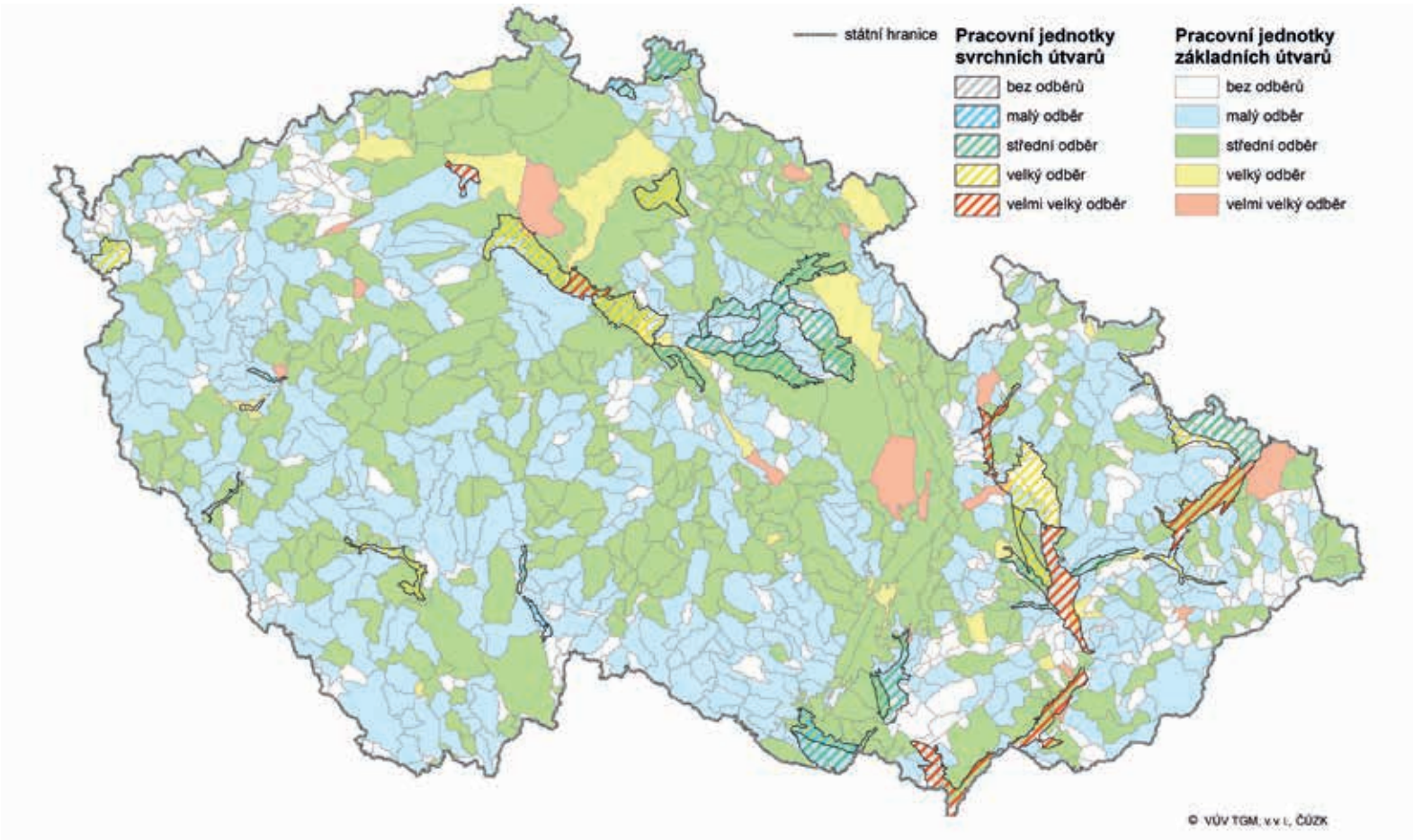
Porovnáme-li grafy na obr. 5 a 9, je patrné, že při zohlednění odběrů pouze pro pitné účely o něco přibýly plochy pracovních jednotek bez odběrů a s malými odběry a obdobně mírně ubylo pracovních jednotek se středními, velkými a velmi velkými odběry. Nicméně výsledky se významně neliší.

Proto další řešení už nadále pracovalo se všemi odběry. Pro přírodní zdroje byly použity stejné podklady jako při hodnocení kvantitativního stavu podzemních vod (tj. data ČHMÚ, data z Hydrogeologické rajonizace a z Rebilance zásob podzemních vod). Tato data pak byla rozpočítána ve stejném poměru, v jakém byly namodelovány hodnoty základního odtoku.

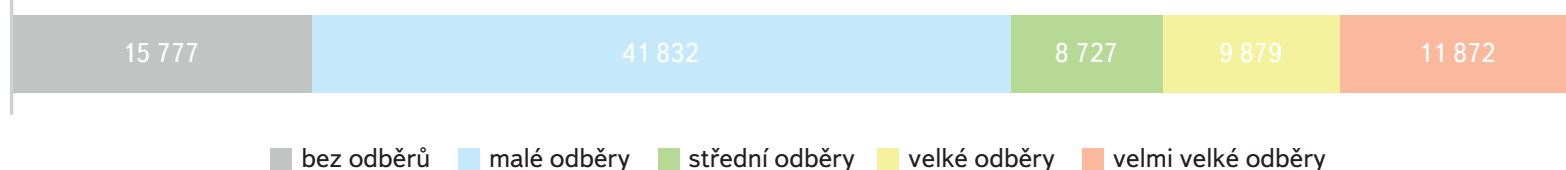
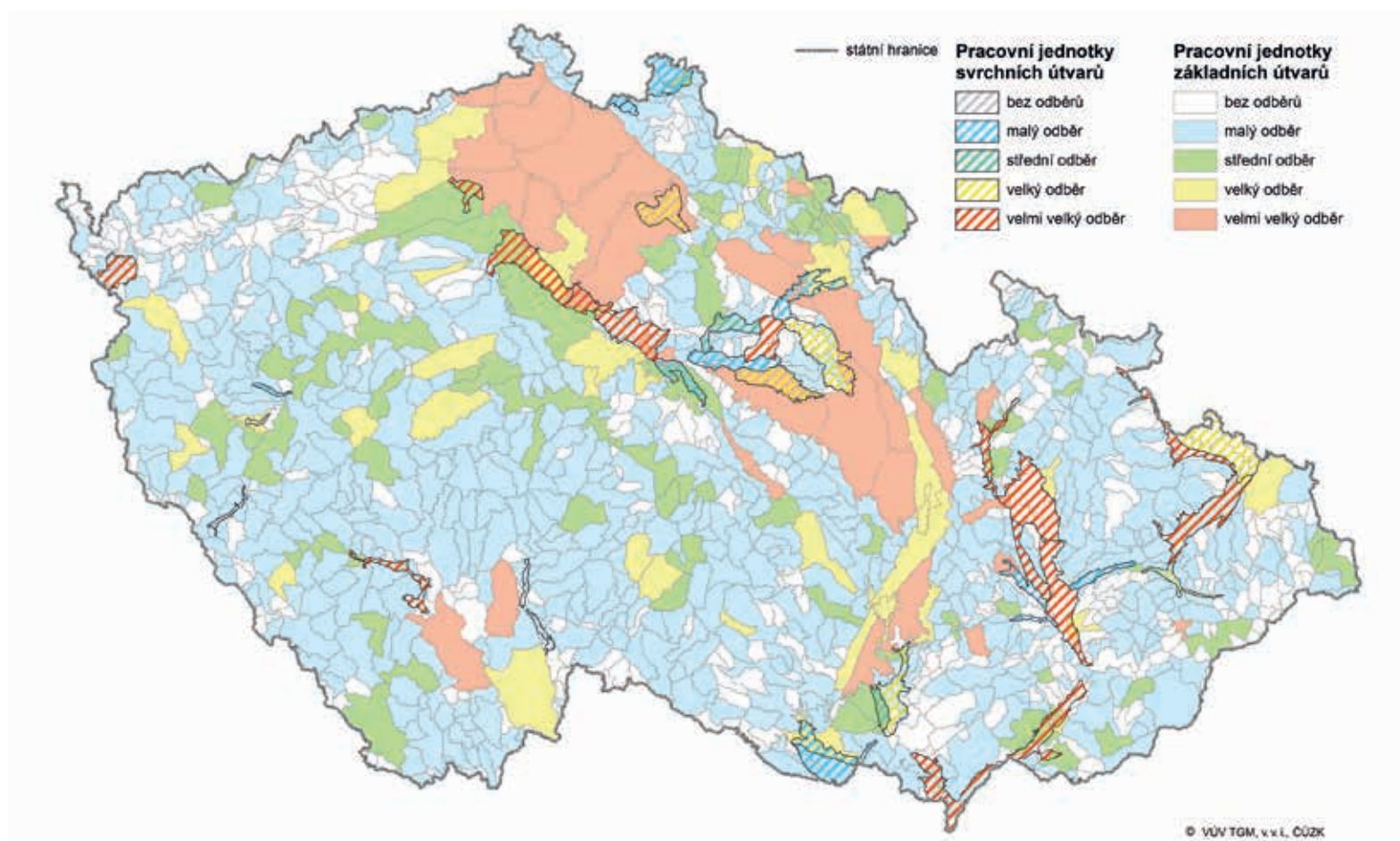
Vlastní porovnání odběrů a přírodních zdrojů v pracovních jednotkách bylo provedeno stejně jako hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod, nicméně pracovní jednotky s malými odběry nebyly hodnoceny, neboť při takto nízkých odběrech je vlastní porovnávání velmi nepřesné. Stejně tak nebyly hodnoceny pracovní jednotky, kde vycházely přírodní zdroje současného stavu jako nulové (a zároveň byla velikost odběrů přinejmenším střední) – to však byl případ pouze dvou pracovních jednotek pro variantu I a pěti pro variantu II.



Obr. 7. Plocha pracovních jednotek [km²] podle sum odběrů – varianta II
Fig. 7. Area of working units [km²] by sum of abstractions – version II

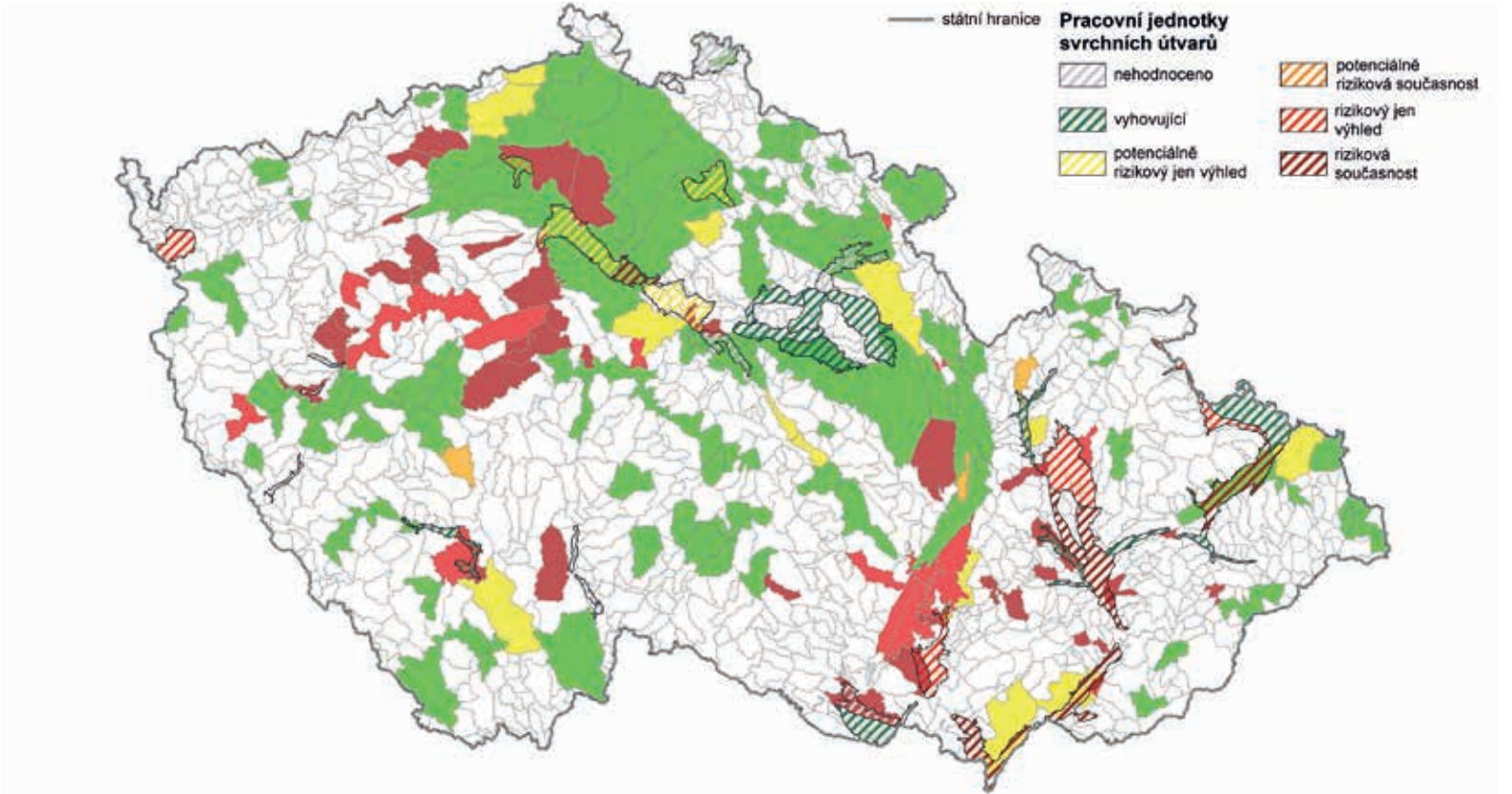


Obr. 8. Pracovní jednotky podle sum odběrů – varianta II
Fig. 8. Working units by sum of abstractions – version II

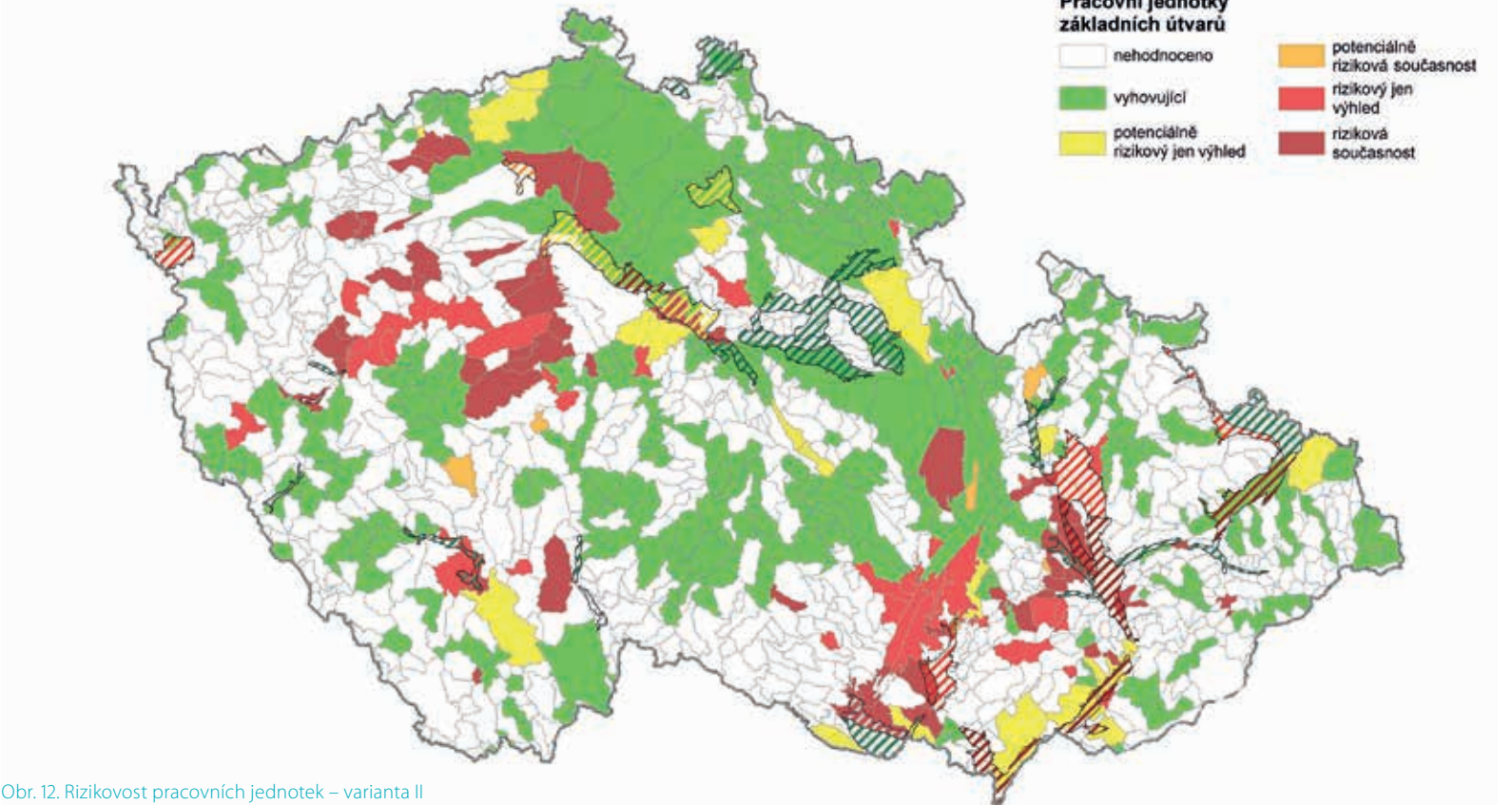
Plocha pracovních jednotek [km²] podle sum odběrů pro pitné účely – varianta IObr. 9. Plocha pracovních jednotek [km²] podle sum odběrů pro pitné účely – varianta IFig. 9. Area of working units [km²] by sum of drinking water abstractions – version I

Obr. 10. Pracovní jednotky podle sum odběrů pro pitné účely – varianta I

Fig. 10. Working units by sum of drinking water abstractions – version I



Obr. 11. Rizikovost pracovních jednotek – varianta I
Fig. 11. Risk assessment of working units – version I



Obr. 12. Rizikovost pracovních jednotek – varianta II
Fig. 12. Risk assessment of working units – version II

Bilance množství podzemních vod výhledového stavu na pracovní jednotky podzemních vod

Pro výhledový stav – tj. pro období 2041–2060 s uvažovanou klimatickou změnou – byly přírodní zdroje podzemních vod poníženy stejným procentem, jaké vyšlo v případě základního odtoku v pracovních jednotkách útvarů povrchové vody pro model HadGEM2-ES. Co se týče odběrů, byly uvažovány ve stejném rozsahu jako v období 2013–2018. Porovnání odběrů a zdrojů pak bylo zpracováno stejně jako bilance množství podzemních vod současného stavu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

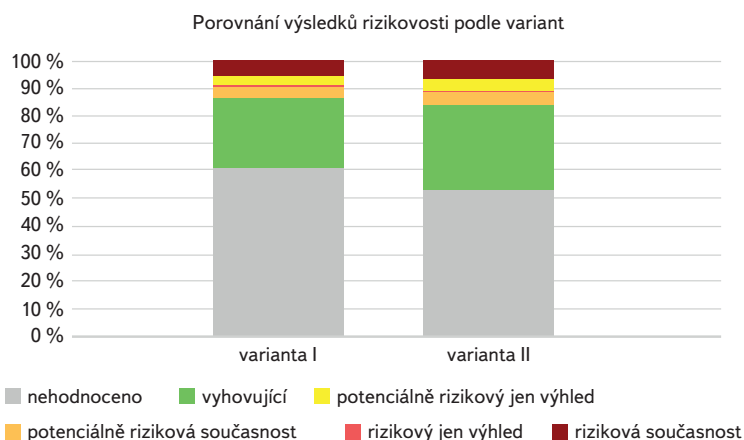
Výsledkem byla rizikovitost jednotlivých pracovních jednotek, a to jak současného stavu, tak výhledového, přičemž riziko se vztahuje k možnosti, že přírodní zdroje podzemních vod v důsledku sucha (v současnosti) nebo klimatické změny (ve výhledu) poklesnou natolik, že nebude možno uspokojit požadavky na odběry pro pitné účely. Pracovní jednotky byly rozděleny na nehodnocené (tj. bez odběrů, pouze s malými odběry a výjimečně s nejméně středními odběry, ale nulovými přírodními zdroji), dále na vyhovující jak při současném, tak při výhledovém stavu a pak na potenciálně rizikové nebo rizikové již v současnosti a nakonec opět na rizikové pouze ve výhledu. Potenciálně rizikové jednotky se od rizikových liší stejně jako v případě výsledků kvantitativního stavu útvarů podzemních vod – rizikový výsledek se vyskytoval buď jen pro maximální, ale nikoli pro průměrné odběry, anebo se výsledky pro různě stanovené přírodní zdroje lišily. Potenciálně rizikové pracovní jednotky mají tudíž nižší věrohodnost.

Rizikovitost byla zpracována pro obě varianty zařazení velikosti odběrů, u nichž se sice neliší postup, ale počet nehodnocených pracovních jednotek kvůli rozdílnému způsobu zařazení velikosti odběrů.

Výsledky pro variantu I (tj. pro absolutní hodnoty ročních průměrných odběrů) jsou uvedeny v mapce na *obr. 11* a pro variantu II (pro odběry přepočítané podle ploch pracovních jednotek) na *obr. 12*. Porovnání výsledků obou variant je na *obr. 13*.

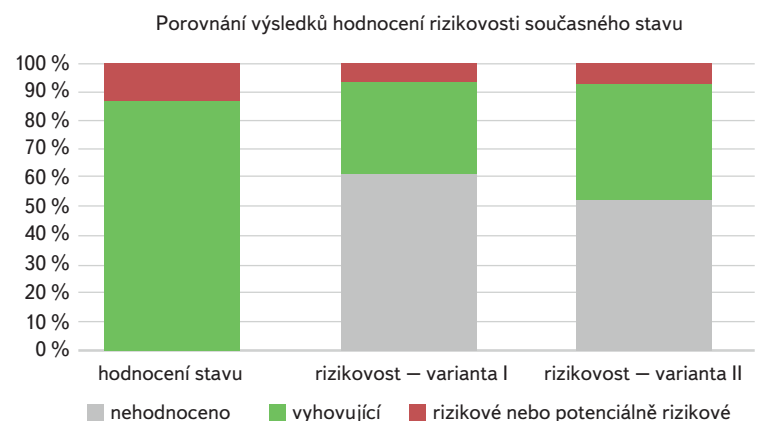
Podle mapek vypadají výsledky obou variant značně odlišně, nicméně z grafu je zřejmé, že rozdíl je dán tím, že ve variantě II je méně nehodnocených pracovních jednotek, přičemž většina jednotek nehodnocených ve variantě I vyšla z hlediska rizikovitosti ve variantě II jako vyhovující.

Zajímavé je rovněž porovnání výsledků současného stavu na úrovni útvarů podzemních vod (hodnocení kvantitativního stavu) a rizikovitosti pro pracovní jednotky – viz *obr. 14*. Ve výsledku kvantitativního stavu nebyly žádné nehodnocené útvary podzemních vod, ale i tak je podíl nevyhovujících ploch nejvyšší – 12,5 %, zatímco v rizikovitosti je to u varianty I pouze 6,2 % a u varianty II 7,3 % rizikových či potenciálně rizikových ploch. Zdá se tedy, že hodnocení v menších jednotkách umožňuje lépe identifikovat problematická území. Na druhou stranu je nutné mít na paměti, že nepřesnost dat o přírodních zdrojích, která je značná (např. stanovení přírodních zdrojů hydrogeologických rajonů podle ČHMÚ a podle výsledků Rebilance se často liší dost významně), se přepočtem na menší jednotky může ještě zhoršovat. Tento postup předpokládá, že přírodní zdroje jsou uvnitř hydrogeologického rajonu víceméně homogenní, což také neodpovídá realitě – např. vůbec nejsou vzata v úvahu místa soustředěného odvodnění, kde jsou nejčastěji realizovány odběry podzemních vod. Určitou nepřesnost – byť menší než u přírodních zdrojů – vykazují i odběry podzemních vod, a to jednak z hlediska lokalizace (některá rozsáhlá jímací území jsou identifikována jen jedním bodem, i když by ve skutečnosti zasahovala do více pracovních jednotek), ale také z hlediska zařazení do horizontu – dost často je podzemní voda čerpána jak ze svrchního horizontu (tedy z kvartéru), tak ze základních útvarů. V některých případech jsou odběry podzemních vod, pokud se nacházejí v nivě řek, v důsledku čerpání dotovány povrchovou vodou, a tím – kromě negativních dopadů na jakost užívaných vod – zhoršují výsledek bilančního hodnocení.



Obr. 13. Porovnání výsledků rizikovitosti podle variant

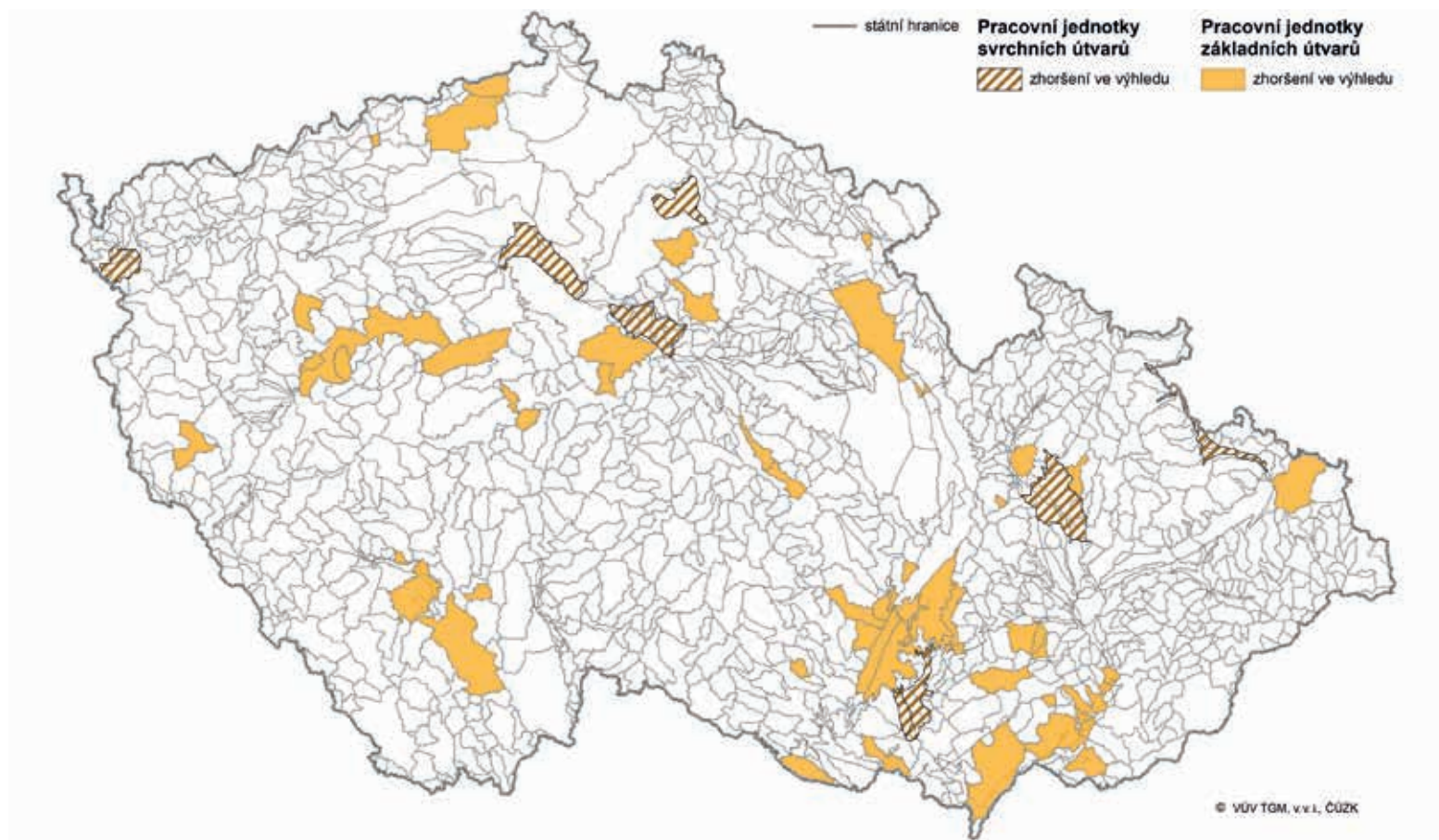
Fig. 13. Comparison of risk assessment results by versions



Obr. 14. Porovnání výsledků hodnocení rizikovitosti současného stavu

Fig. 14. Comparison of risk assessment results at present

Pozn.: Plochy pracovních jednotek potenciálně rizikových v současnosti jsou velmi nízké (tvoří pouze 0,37 % – varianta I nebo 0,29 % – varianta II), tudíž nejsou v grafu viditelné.



Obr. 15. Zhoršení výsledků rizikovosti ve výhledu

Fig. 15. Deterioration of risk assessment in prospect

Na obr. 15 je představen poslední výstup projektu, jímž je přehled pracovních jednotek, u nichž se předpokládá, že ve výhledu dojde ke zhoršení – tedy že současný vyhovující stav se změní na potenciálně rizikový nebo na rizikový. Vzhledem k tomu, že porovnání obou variant ukázalo, že ve variantě II je méně nehodnocených pracovních jednotek, považujeme za relevantní výsledky podle varianty II (i když pro jistotu bylo zhoršení ve variantě I také vyhodnoceno). Plocha zhoršených pracovních jednotek činí pouze 8,8 %, z tohoto hlediska by tudíž bylo ve výhledu rizikových jenom 16,1 % celkové plochy. Zde je ale potřeba upozornit, že zmiňovaná nepřesnost dat pro současný stav se zvyšuje aproximací na delší časové období. Navíc není jasné, jak se projeví výhled u pracovních jednotek s malými odběry, vyřazených kvůli značné nepřesnosti z hodnocení, které pro variantu II činí 40,7 % celkové plochy.

ZÁVĚR

Cílem projektu bylo zjistit, jak významně ovlivní klimatická změna možnosti odběrů podzemní vody pro pitné účely k roku 2050. Vzhledem k tomu, že namodelované změny základního odtoku, reprezentovaného pro většinu útvarů podzemních vod přírodními zdroji, byly zpracovány na výrazně menší plošné jednotky, než jsou hydrogeologické rajony nebo útvary podzemních vod, byly i odběry podzemních vod agregovány detailněji. Tím mohla být zpracována bilance množství podzemních vod současného stavu na 1220 pracovních jednotkách útvarů podzemních vod na rozdíl od 174 vodních útvarů. Metodické řešení vychází z postupů vodo-hospodářské bilance a hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod.

Bilanční hodnocení umožnilo vyhodnotit potenciálně rizikové a rizikové pracovní jednotky pro současný stav a jejich předpokládané zhoršení k období 2041–2060.

Při agregaci odběrů na pracovní jednotky byly kategorizovány jednotky podle velikosti sumy odběrů – a to jednak podle průměrných ročních absolutních čísel (varianta I) a jednak podle přepočtu na plochu pracovních jednotek (varianta II). Na základě tohoto rozdělení byly odlišeny pracovní jednotky bez odběrů, s malými, středními, velkými a velmi velkými odběry. Při hodnocení rizikovosti byly vyloučeny jednotky bez odběrů, ale také s malými odběry, neboť u nich buď není žádný problém (pokud jsou přírodní zdroje dostatečně velké), nebo je porovnávání nízkých odběrů a nízkých přírodních zdrojů velmi nepřesné. Vzhledem k tomu, že identifikace malých odběrů se pro obě varianty lišila, byly rozdílné i výsledky rizikovosti. Při porovnávání výsledků se ukázalo, že lépe vyhovuje varianta II. Podle této varianty vychází pro současný stav rizikových nebo potenciálně rizikových 73 % ploch a pro výhled 16,1 % ploch.

Při hodnocení kvantitativního stavu útvarů podzemních vod, jež z hlediska metodiky i období odpovídalo bilančnímu hodnocení současného stavu, vyšlo jako nevyhovujících nebo potenciálně nevyhovujících 12,5 % ploch, detailnější hodnocení tedy pravděpodobně znamená možnost lépe identifikovat problematická území. Na druhou stranu je nutné mít na paměti, že již nepřesnost původních dat je značně velká a při zpodrobnění výsledků může dále narůstat. Současně se později může ukázat, že lokální problémy nastanou u některých pracovních jednotek podzemních vod s malými odběry a nízkými přírodními zdroji, které byly vyloučeny z hodnocení.

Poděkování

Článek vznikl na základě výzkumu prováděného v rámci projektu VI20192022159 „Vodohospodářské a vodárenské soustavy a preventivní opatření ke snížení rizik při zásobování pitnou vodou“ programu BV III/1-VS, který financuje Ministerstvo vnitra ČR.

Literatura

- [1] Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2020. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/osveta-a-publikace/publikace-a-dokumenty/modre-zpravy/>
- [2] Vyhláška č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.
- [3] PRCHALOVÁ, H., DURČÁK, M., KOZLOVÁ, M., VIZINA, A., ROSENDORF, P., MRKVIČKOVÁ, M. a kol. *Metodiky hodnocení chemického a kvantitativního stavu útvarů podzemních vod pro druhý cyklus plánů povodí v ČR*. Praha: VÚV TGM, v. v. i., 2013. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/projekty/rsv>
- [4] 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.
- [5] VIZINA, A., HORÁČEK, S., HANEL, M. Recent Developments of the BILAN Model. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2015, 57(4–5), s. 7–10.
- [6] 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. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/w12123401>
- [7] TALLAKSEN, L. M., VAN LANEN, H. A. (eds.) *Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Amsterdam: Elsevier, 2004. 579 s. *Developments in Water Science*, Elsevier 48. ISBN 9780444516886.
- [8] VIZINA, A., VYSKOČ, P., PELÁKOVÁ, M., BERAN, A., KOŽÍN, R., PÍCEK, J. Zabezpečení odběrů vody z vodárenských nádrží v podmínkách klimatické změny. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*. 2021, 63(3), s. 4–18. ISSN 0322-8916.
- [9] *Pracovní jednotky útvarů podzemních vod*. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/db/download/pracovnijednotkyupzv>
- [10] OLMER, M., PRCHALOVÁ, H., KADLECOVÁ, R. a kol. *Hydrogeologická rajonizace 2005*. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/projekty/hgr2005>
- [11] KADLECOVÁ, R. a kol. *Rebalance zásob podzemních vod*. Česká geologická služba 2016. Dostupné z: <http://www.geology.cz/rebalance/rebalance-abstrakt.pdf>

Autoři

RNDr. Hana Prchalová

✉ hana.prchalova@vuv.cz
ORCID: 0000-0003-1890-8335

Ing. Petr Vyskoč

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

Ing. Adam Vizina, Ph.D.

✉ adam.vizina@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-4683-9624

Ing. Hana Nováková, Ph.D.

✉ hana.novakova@vuv.cz
ORCID: 0000-0002-5946-4796

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha

Příspěvek prošel lektorským řízením.

DOI: 10.46555/VTEI.2022. 07. 005
licence: CC BY-NC 4.0

BALANCE OF GROUNDWATER RESOURCES AND DEMANDS FOR HUMAN CONSUMPTION DURING THE CLIMATE CHANGE CONDITIONS

PRCHALOVÁ, H.; VYSKOČ, P.; VIZINA, A.; NOVÁKOVÁ, H.

T. G. Masaryk Water Research Institute, Prague

Keywords: climate change — water resources — groundwater — drinking water supply — water balance

The article demonstrates results of assessment possible impact of climate change on groundwater abstractions for human consumption during 2041–2060 period. The balance of present groundwater quantity on the small area is a part of results. Methodology is similar as water management balance and quantitative status assessment of groundwater bodies. First, the balance of present groundwater quantity on the level of working units of water bodies was prepared and then prospective balance including impact of climate change. The results of quantitative status assessment of groundwater bodies were comparable to risk assessment of working units, but according to the quantitative status, 12.5 % of area was in poor status and only 7.3 % was at risk according to the present balance assessment. The decrease of area is due to use of smaller units. The at-risk area increases from 7.3 % to 16.1 % during the climate change conditions against to present state. However, it is necessary to keep in mind that the results are burdened with significant inaccuracy. This inaccuracy is mainly due to calculation of groundwater resources approach, the heterogeneity of groundwater resources in hydrological unit area, approximation of the groundwater volume into the future and the high proportion of working units with small abstractions (these units had to be removed from the results because of low reliability).