

# Historie, současnost a budoucnost monitoringu podzemních vod v jihočeských pánvích, zhodnocení suché periody 2015 – 2020

**Jan Baier, Martin Milický**

PROGEO, s.r.o.

Tiché údolí 113

25263 Roztoky

tel. 233910935

progeo@1progeo.cz

[www.1progeo.cz](http://www.1progeo.cz)

## **Klíčová slova**

Jihočeské pánve, regionální bilance, monitoring, model proudění podzemní vody, suchá perioda

## **Abstrakt**

Všechny tři jihočeské pánve (JP) jsou významné svou zásobou podzemních vod, která je využívána jako zdroj pitné vody, nebo i pro komerční účely (pivovary, balená voda). V prostoru jihočeských pánví je realizován jedinečný dlouhodobý monitoring hladin a jakosti podzemní vody a průtoků provozovaný jednotlivými odběrateli a ČHMÚ. Monitoring probíhá od poloviny 70 let, monitorovací síť ČHMÚ byla významně rozšířena po roce 2007. Celkem je v jihočeských pánvích monitorováno více než 200 objektů v různých vertikálních úrovních pánví. Měřená data jsou pro jednotlivé pánve každoročně syntetizována do komplexního bilančního hodnocení, které je hrazeno a využíváno správcem podzemních vod (PVL s.p.). V souvislosti s významným poklesem srážkových úhrnů (zejména v mimovegetačním období) byly od hydrologického roku 2014 v prostoru obou pánví zaznamenány poklesy hladin podzemní vody (a průtoků povrchové vody) s odlišným průběhem v jednotlivých pánvích, v různých hloubkách pánevních sedimentů a v oblastech ovlivněných a neovlivněných odběry podzemní vody.

## **Abstrakt**

All three South Bohemian basins are important for their groundwater storage, which is used as a source of drinking water or for commercial purposes (breweries, bottled water). A unique long-term monitoring of the levels and quality of groundwater and flows in surface streams is implemented in the area of the South Bohemian basins, operated by individual customers and the Czech Hydrometeorological Institute. Monitoring has been taking place since the mid-1970s, the monitoring network of the CHMI was significantly expanded after 2007. In total, more than 200 objects in different vertical levels of the basins are monitored in the South Bohemian basins. Measured data are synthesized annually for individual basins into a comprehensive balance assessment, which is paid for and used by the groundwater administrator (PVL s.p.). In connection with a significant decrease in total precipitation (especially in the non-vegetation period), decreases in groundwater levels (and surface water flows) were monitored in basins from the hydrological year 2014, but they were different in individual basins, in different depths of basin sediments and in areas affected and unaffected by groundwater withdrawals.

## Úvod

Jihočeské pánve představují svou polohou, reliéfem, geologickou stavbou i využitím území, ve kterém dochází ke střetu mnoha zájmů (odběry podzemní i povrchové vody, ochrana přírody, zemědělství, turismus, urbanismus). Proudění a bilanci podzemní vody významně ovlivňují realizované odběry. Snižování hladiny podzemní vody odběry ovlivňuje ekosystémy vázané na podzemní vodu a dochází ke střetu zájmu s ochranou přírody a krajiny. Realizované odběry snižují drénovaná množství do povrchových toků a v dobách minimálních průtoků negativně ovlivňují kvalitu vody ve vodních tocích. Ke střetu zájmů dochází i mezi jednotlivými odběrateli podzemní vody (vzájemné ovlivňování).

Kvalita podzemní vody je také negativně ovlivněna rozsáhlou zemědělskou činností, související s aplikací hnojiv a ochranných látek (pesticidy). Kvalita využívané vody může být negativně ovlivněna i vlivem rozsáhlého turistického ruchu.

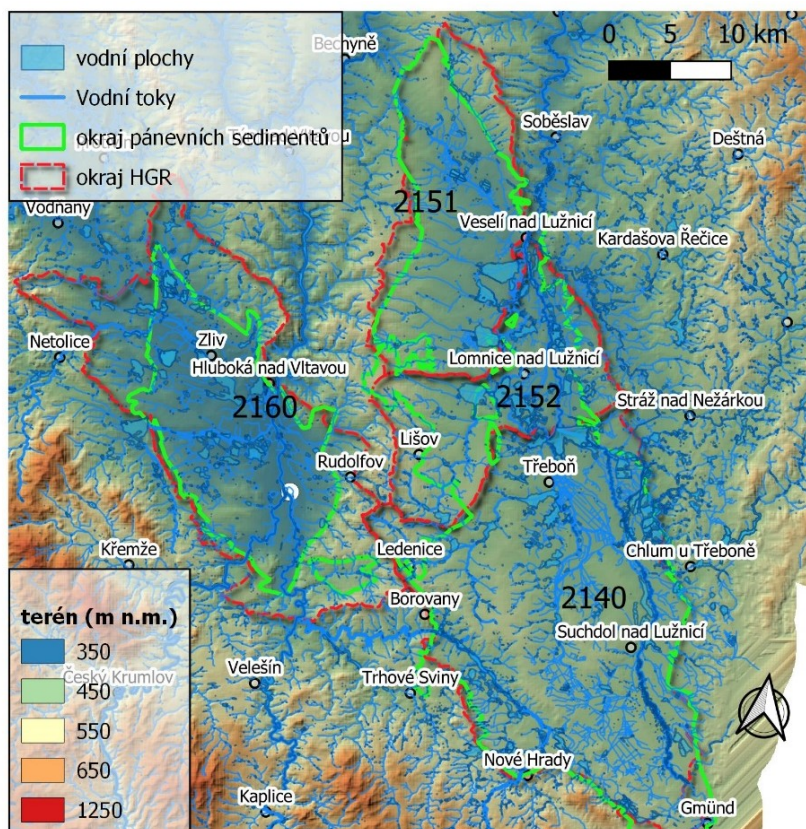
K omezení střetu zájmů je v ploše jihočeských pánví dlouhodobě provozován účelový monitorovací systém měření hladin a jakosti podzemní vody a průtoků v povrchových tocích. Data z monitoringu jsou každoročně doplněna o měření ČHMÚ (hladiny podzemní vody, jakost, průtoky, srážky), data z databáze Povodí Vltavy s.p. (odběry, jakost) a o data jednotlivých odběratelů (časové rozložení odběrů, doplňující informace). Shromážděné podklady jsou pro jednotlivé pánve každoročně syntetizovány do komplexního bilančního hodnocení, které je dále využíváno správcem povodí (Povodí Vltavy s.p.). Součástí hodnocení je aplikace modelů proudění podzemní vody, ve kterých dochází k prostorové syntéze a vyhodnocení měřených dat a k realizaci prognózních simulací, využívaných v oblasti plánování a managementu podzemních vod v jihočeských pánvích.

V souvislosti s významným poklesem srážkových úhrnů (zejména v mimovegetačním období) byly od hydrologického roku 2014 monitorovány v prostoru obou pánví poklesy hladin podzemní vody, které byly odlišné v jednotlivých pánvích, v různých hloubkách pánevních sedimentů a v oblastech ovlivněných a neovlivněných odběry podzemní vody. V letech 2020 a 2021 došlo k ukončení poklesu a částečnému doplnění zásob podzemní vody, které ovšem nedosahují množství před rokem 2015.

## Charakteristika jihočeských pánví

Jihočeské pánve (JP) se rozkládají v j. části Českého masivu a ze všech stran jsou obklopeny krystalinikem moldanubika. Pánevní výplň tvoří křídové, terciérní a kvartérní sedimenty, soustředěné ve dvou hlavních výskytech, menší budějovické pánvi (450 km<sup>2</sup>) a větší třeboňské pánvi (1000 km<sup>2</sup>). Nejmocnějším sedimentárním komplexem je klikovské souvrství křídového stáří, charakteristické cyklickým střídáním hrubozrnných kaolinických pískovců až slepenců, rudohnědých pestře skvrnitých jemně písčitých jílovců až jílovitých pískovců až pískovců, o celkové maximální mocnosti kolem 300 m v oblasti Českých Budějovic (BP) a stropnického příkopu (TP). Hrubozrnné sedimenty při bázi cyklů postupně směrem vzhůru přecházejí do jemnějších až jílových uloženin. Tyto cykly se mnohonásobně opakují, což významně ovlivňuje poměry proudění podzemní vody v JP. Sedimentární výplň JP, vyznačující se střídáním různých litologických typů, lze tedy hydrogeologicky charakterizovat jako hydrogeologické prostředí s nepravidelným výskytem hydrogeologických kolektorů a izolátorů. K infiltraci podzemní vody dochází zejména na výchozech klikovského souvrství na okrajích pánve, podzemní voda je v rámci mělkého proudění drénována do lokálních vodních toků, nebo v rámci hlubokého proudění přetéká do hlubších částí pánve a odtéká do oblasti regionální drenážní báze v údolí Vltavy a Malše v BP a Lužnice v TP, případně je jímána v čerpaných vrtech. Pánve jsou od sebe odděleny krystalinickým Lišovským hřbetem. Z hydrogeologického hlediska je třeboňská pánev dělena na jižní (TJ, HGR 2140), střední (TSS, HGR 2151) a

severní část (TS, HGR 2152), přičemž v každé z nich je vymezen samostatný hydrogeologický rajón (HGR, obr. 1)



Obr. 1 Morfologie terénu a okraje pánví výplně a hydrogeologických rajónů

### Monitorovací systém v jihočeských pánvích

Podzemní voda je v JP využívána od 19. století (Šeda 2022, Stegmann 1892). Podrobné systematické průzkumy hydrogeologických poměrů a možnosti využívání podzemní vody byly v pánvích prováděny od 60. let 20. století (např. Zima 1961, Kněžek 1961) podnikem Vodní zdroje Praha. Základní hydrogeologický průzkum jihočeských pánví byl realizován také Krásným v roce 1974 nebo Čurdou v roce 1981. Pravidelný monitoring hladin podzemní vody byl v souvislosti s nárůstem odběrů a prokazatelnému ovlivnění proudění zahájen v 70. letech. V 80. letech byl v souvislosti se zjištěnou zhoršenou kvalitou podzemní vody (vysoké koncentrace dusičnanů) zahájen pravidelný monitoring jakosti podzemní vody (Šantrůček 1986).

V devadesátých letech došlo k privatizaci vodárenských i hydrogeologických společností. Vlastnictví čerpacích vrtů zpravidla přešlo na soukromé společnosti, provozující odběry podzemní vody (vodárenské společnosti, pivovary, nemocnice, balená voda atp.). Převzetí monitorovacích vrtů a zejména jejich následná údržba ale pro menší soukromé společnosti nebo obce představovala významné náklady, a proto byl provozován pouze základní monitoring hladin a jakosti podzemní vody. V průběhu devadesátých let došlo v souvislosti s nárůstem odběrů na úroveň jejich povolených maxim k dalšímu významnému ovlivnění poměrů proudění podzemní vody i její jakosti. V severní třeboňské pánvi došlo k významnému ovlivnění ekosystémů blat vázaných na podzemní vodu a vzhledem k rozsáhlému poklesu hladin v hlubší části pánve byla negativně ovlivněna i její jakost přetokem ze svrchních partií pánve ovlivněných intenzivním zemědělstvím. V centrální části budějovické pánve docházelo k významnému vzájemnému ovlivňování jednotlivých odběratelů soustředěných do prostoru

nejhlubší části pánve v prostoru Českých Budějovic (nemocnice, Budvar n.p., pivovar Samson, vodárenské odběry atp.). V jižní části třeboňské pánve byly poměry významně ovlivněny v souvislosti s realizovanými maximálními povolenými odběry pro balenou vodu v Byňově (dříve Dobrá voda, aktuálně Mattoni 1873 a.s.). Odběry vyvolaly významné poklesy hladin i v přípovrchové vrstvě (ovlivnění domovních studní) a poklesla drenáž do Stropnického a Svinenského potoka.

Ukázalo se, že stanovená maximální povolená množství pro jednotlivé odběry neodpovídala reálnému využitelnému množství podzemní vody z celé pánevní struktury. Ze strany odběratelů, správce povodí a vodoprávních úřadů tak sílil tlak na provoz společného monitoringu hladin a jakosti podzemní vody v JP a jeho každoročního komplexního hodnocení, které bude sloužit všem uživatelům i správci podzemních vod v jihočeských pánvích.

Na základě několikaletého úsilí správce povodí (Povodí Vltavy s.p.), okresního úřadu České Budějovice a jihočeského vodárenského svazu bylo v roce 2000 založeno při okresním úřadu České Budějovice (následně při Krajském úřadu Jihočeského kraje) první **sdužení**: významných odběratelů podzemní vody, správce povodí (Povodí Vltavy a.s.), ČHMÚ, firmy PROGEO s.r.o. a okresního úřadu České Budějovice. Hlavním účelem sdužení od jeho počátku bylo: „...prostřednictvím pravidelného měření hladin podzemních vod a prováděním bilance zásob a jakosti podzemních vod v Jihočeských pánvích a jejich hydrologických povodích, zajistit účastníkům sdužení dostatečné množství informací a podkladů potřebných pro zabezpečení optimálního využívání vodních zdrojů“. Sdužení v obdobném složení funguje do současnosti (na smluvních principech mezi jednotlivými subjekty) a postupně dochází k jeho rozšiřování o nové významné odběratele podzemní vody.

Současný účelový monitorovací systém vychází z plánu monitoringu, který byl sestaven firmou PROGEO s.r.o. v roce 2018 (ve spolupráci s dalšími subjekty sdužení). Jsou v něm specifikovány vrty tzv. společného monitoringu, na které přispívají všichni odběratelé, a vrty přiřazené konkrétním odběratelům, jejichž monitoring je v režii jednotlivých odběratelů. Monitoring je realizován v měsíčním, kvartálním a u významných monitorovacích vrtů v hodinovém intervalu (levelogery, Tab. 1). Aktuální plán monitoringu je platný po dobu vydání povolení k odběru u významných odběratelů, které se v současnosti vydává na šest let (období je sjednoceno s Plány povodí a bude končit v roce 2024). Pro následující období je, na základě výsledků dosavadního monitoringu, nových a aktualizovaných požadavků na odběry a stavu monitorovacích objektů, připravován nový projekt monitoringu platný pro období 2025-2030.

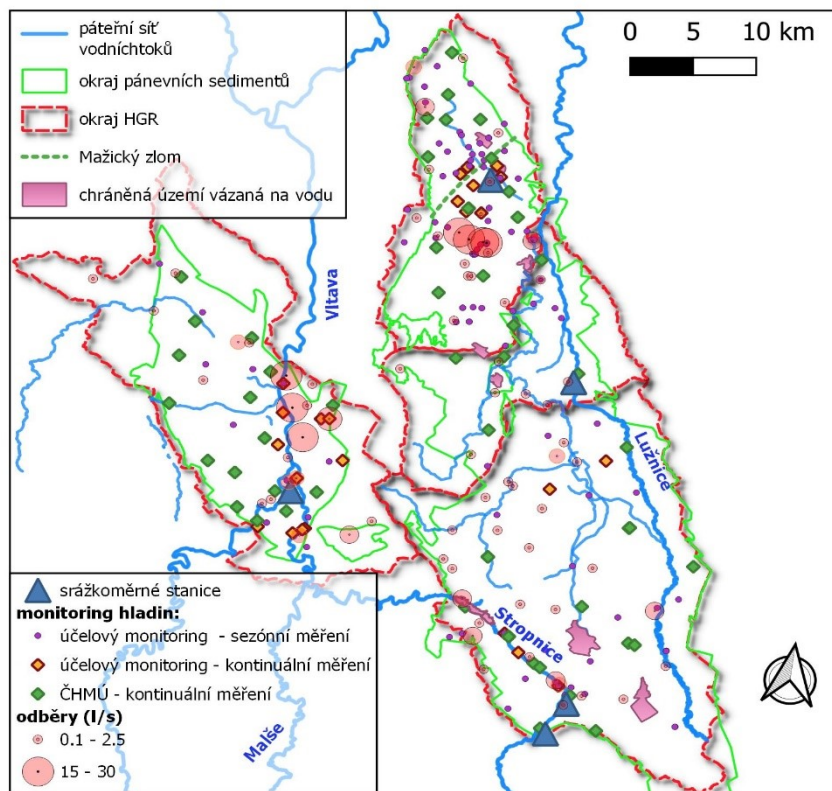
Tab. 1 Monitoring hladin podzemní vody v jihočeských pánvích

	budějovická pánev	třeboňská pánev			třeboňská pánev celkem
		jižní část	střední část	severní část	
účelový monitoring - sezónní měření	13	46	3	71	120
účelový monitoring - kontinuální měření	33	7	0	9	16
ČHMÚ - kontinuální měření	27	25	5	16	46
<b>souhrn měření</b>	<b>73</b>	<b>78</b>	<b>8</b>	<b>96</b>	<b>182</b>

Aktuálně je monitorováno 182 objektů, jejich poloha je zobrazena na Obr.2. Celkem je v JP účelovým monitoringem a základním monitoringem ČHMÚ s různou četností měřeno 255 objektů. Kontinuální záznam (hodinová data) hladiny podzemní vody je realizován celkem ve

122 objektech, z čehož 51 vrtů je sledováno v rámci účelového monitoringu a 73 objektů v rámci monitorovací sítě ČHMÚ.

Jakost podzemní vody je stanovována ve všech monitorovacích vrtech ČHMÚ. V rámci účelového monitoringu je jakost podzemní vody alespoň jednou ročně (zpravidla 2x) monitorována celkem ve 120 objektech. Povodím Vltavy s.p. jsou navíc poskytovány ohlášené údaje o jakosti podzemní vody z evidovaných odběrů podzemních vod. Celkem je tak jakost hodnocena ve více než dvou stech objektech v JP.



Obr. 2 Monitoring hladiny podzemní vody v jihočeských pánvích

V rámci účelového monitoringu jsou 4x ročně měřeny metodou postupných profilů průtoky ve Stropnici a jejích přítocích (celkem 13 profilů) v jižní části třeboňské pánve a na Blatské stoce a Bechyňském potoce a jejich přítocích v severní části třeboňské pánve (13 profilů). Profil V-12b na Bechyňském potoce je osazen levelloggerem pro kontinuální záznam vodního stavu na toku (je zde stanoven institut minimálního průtoku).

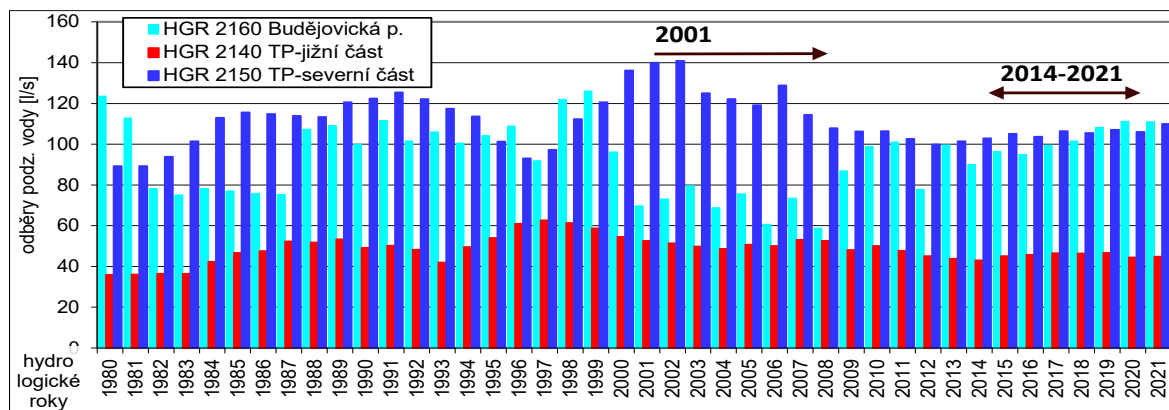
Všechna měřená data jsou pro jednotlivé části JP a HGR syntetizována do komplexního bilančního hodnocení zahrnující pro konkrétní hydrologický rok analýzu vývoje klimatických podmínek (teploty, srážky), hladin a jakosti podzemních vod a odběrů, včetně analýzy jejich vlivu na poměry proudění a bilanci podzemní vody.

Součástí hodnocení je aplikace modelů proudění podzemní vody, ve kterých dochází k syntéze všech dostupných informací a následnému modelovému hodnocení jednotlivých hydrologických let i krátkodobých predikcí. Modely proudění podzemní vody jsou zároveň využívány při hodnocení nových odběrů, nebo požadovaných změn odběrů aktuálních.



### Odběry podzemní vody v jihočeských pánvích

Proudění podzemní vody v jihočeských pánvích významně ovlivňují odběry podzemní vody. Vývoj odběrů v období let 1980 až 2021 je zobrazen na obr. 2 (za věrohodnější lze považovat data po roce 2001 spojená s jejich novou evidencí, kdy do roku 2000 byla řada individuálních odběrů, především v budějovické pánvi, odhadovaná).



Obr. 3 Průměrné roční odběry podzemní vody v jihočeských pánvích

Největší odběry podzemní vody, přesahující 100 l/s, jsou v posledních letech realizovány v třeboňské pánvi – severní část, ve které dominuje odběr z horusické jímací linie, kde dochází od roku 2012 k pozvolnému navyšování odběrů (Obr. 2). V budějovické pánvi jsou dominantní odběry Hrdějovice (45 l/s) a Budvar n. p. (25 l/s). Přibližně poloviční je sumární velikost odběrů podzemní vody realizovaných v jižní části třeboňské pánve, ve které je nejvíce odběrů situováno do oblasti stropnického příkopu (Mattoni - 8 l/s). Většina odběrů v obou pánvích je situována do hlubších horizontů pánví. Významné odběry podzemní vody jsou limitovány stanovenými instituty minimální hladiny v monitorovacích vrtech nebo minimálním průtokem v povrchových tocích.

Tab. 2 Odběry podzemní vody v jihočeských pánvích (2019)

	třeboňská pánev				třeboňská pánev celkem
	budějovická pánev	jižní část	střední část	severní část	
<b>vodovody pro veřejnou potřebu (l/s)</b>	73.4	31.3	1.0	110.8	<b>143.1</b>
<b>soukromý sektor (l/s)</b>	34.8	15.2	1.0	8.8	<b>25.1</b>
<b>CELKEM (l/s)</b>	<b>108.2</b>	<b>46.6</b>	<b>2.1</b>	<b>119.6</b>	<b>168.3</b>

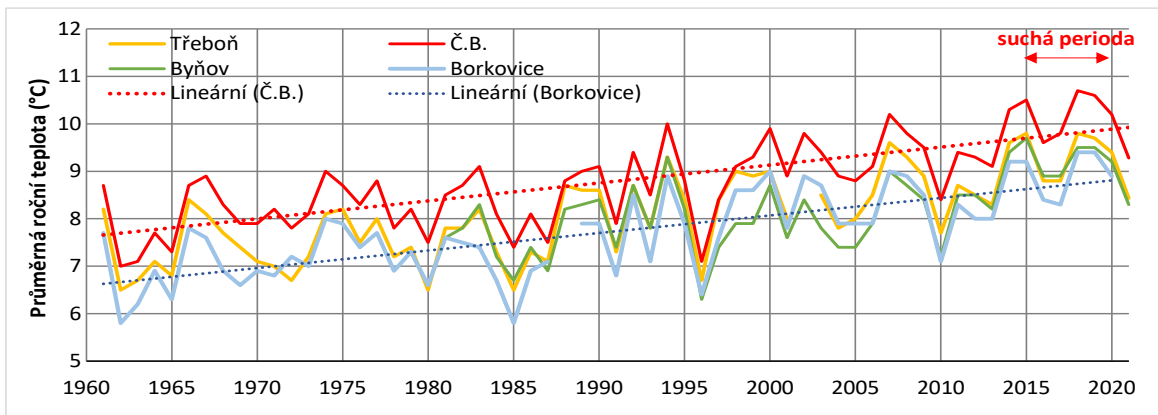
Rozdělení využití odběrů podzemní vody v JP pro rok 2019 je dokumentované v Tab. 2. V budějovické pánvi se průměrně čerpal 108 l/s a v třeboňské pánvi 168 l/s podzemní vody. Z celkových 276 l/s čerpané podzemní vody se pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou využívá 78 % tohoto množství.

### Vývoj srážek a teplot v jihočeských pánvích

Vývoj zásob podzemní vody dominantně ovlivňuje časově nerovnoměrný příron vody infiltrované ze srážek (efektivní infiltrace). Velikost efektivní infiltrace významně závisí především na velikosti, časové distribuci a kumulaci srážek v průběhu hydrologického roku. Důležitým faktorem ovlivňujícím srážkovou infiltraci je teplota vzduchu podmiňující výpar z půdy a transpiraci rostlin. Pro každoroční hodnocení bilance podzemní vody je v prostoru

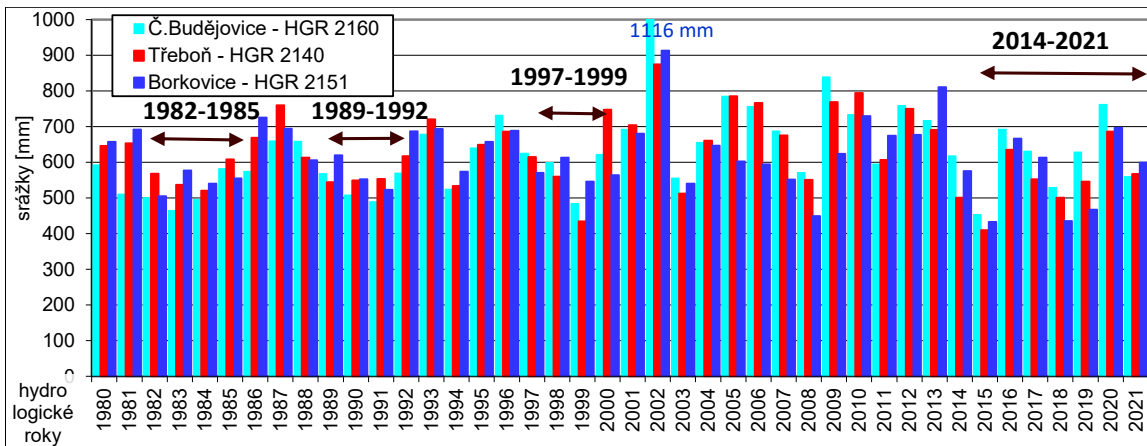
jihocheských pánví hodnocen vývoj teplot a srážek ze stanice České Budějovice (394,6 m n.m.), Třeboň-Lužnice (428 m n.m.), Byňov (475 m n.m.) a Borkovice (419 m n.m.).

V grafu na Obr. 3 je dokumentovaný vývoj teplot od roku 1961, ze kterého je na všech stanicích zřejmý pozvolný nárůst teplot. Nejvyšší teploty jsou měřené ve stanici České Budějovice, kde jsou ovlivněny tepelným ostrovem města. I když se stanice Byňov nachází na úpatí Novohradských hor v nejvyšší nadmořské výšce, nejnižší teploty jsou pravidelně měřeny ve stanici Borkovice lokalizované v severní části třeboňské pánve. Výrazný nárůst průměrné roční teploty (přesahující 1°C) byl zaznamenán v roce 2014, v roce 2015 se ještě průměrná teplota mírně zvýšila a dosáhla maximální měřené hodnoty, po poklesech v letech 2016 a 2017 bylo opět v roce 2018 dosaženo maximálních teplot a ty se na vysoké úrovni držely až do roku 2020.



Obr. 4 Vývoj průměrných ročních teplot v jihocheských pánvích

Roční srážkové úhrny ve srážkoměrných stanicích situovaných v jednotlivých pánvích za období roků 1980 až 2021 jsou zobrazeny na Obr.5, ve kterém jsou i vyznačeny významnější kumulace „suchých“ let.



Obr. 5 Roční srážkové úhrny v jihocheských pánvích – hydrologické roky 1980 až 2021

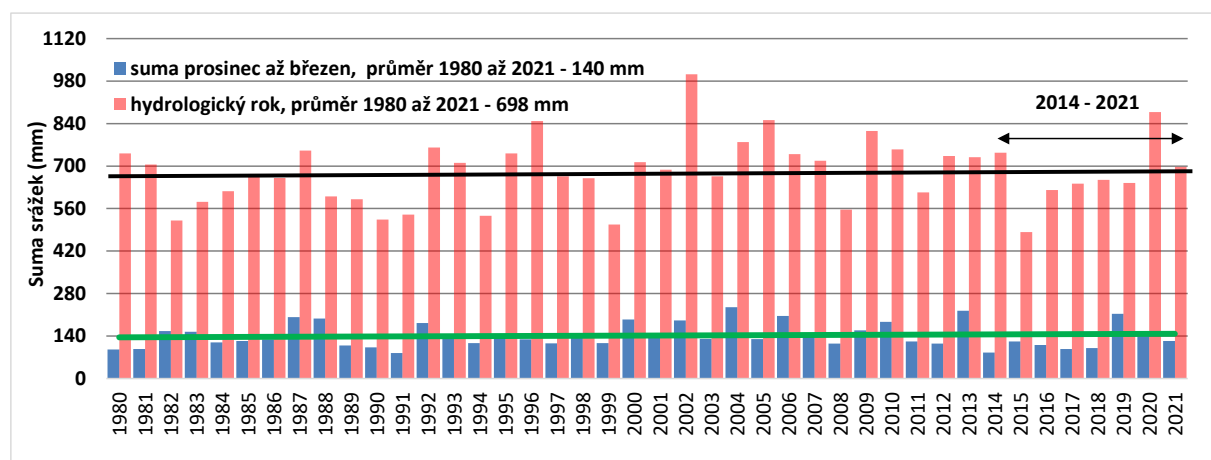
Nejmenší úhrny jsou obvykle měřeny ve stanici Borkovice v HGR 2151 (TP-severní č.), naopak nejvyšší úhrny jsou měřeny ve stanici Nové Hradky–Byňov (TP-j jižní č.). Od roku 1980 docházelo ve všech stanicích k pozvolnému nárůstu velikosti srážek, výrazně nadnormální bylo především desetiletí 2001–2010 (Obr. 5) s přesahem až do roku 2013. V posledním desetiletí byly významně nadnormální srážkové úhrny v rocích 2012, 2013 a 2016, ale úhrn za šest hydrologických roků 2014-2019 byl ve všech stanicích podnormální. Od 80. let se také jedná o období nejdelší kumulace suchých roků (Obr. 5). K největšímu poklesu srážek, až o

30 % ve srovnání s normálem, došlo ve všech stanicích v roce 2015, v severní části TP (Borkovice) ale i v období roků 2018 a 2019. Významně nadnormální, největší za poslední desetiletí, byly srážky ve všech stanicích v hydrologickém roce 2020 (většina srážek ovšem byla soustředěna do letních měsíců, ostatní měsíce byly podprůměrné), rok 2021 byl průměrný.

Tab. 2 Roční srážkové úhrny v jihočeských pánvích a srážkový normál

srážky	[mm]	hydrologický rok											
		2001–10	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Č.Budějovice</b>		<b>739.5</b>	<b>595.0</b>	<b>759.1</b>	<b>717.4</b>	<b>618.3</b>	<b>453.5</b>	<b>693.0</b>	<b>631.0</b>	<b>528.9</b>	<b>628.9</b>	<b>762.2</b>	<b>561.0</b>
1991-2020	<b>658.0</b>	1.12	0.90	1.15	1.09	0.94	0.69	1.05	0.96	0.80	0.96	1.16	0.85
<b>Třeboň</b>		<b>708.0</b>	<b>606.6</b>	<b>750.4</b>	<b>690.8</b>	<b>522.4</b>	<b>467.8</b>	<b>635</b>	<b>553</b>	<b>501</b>	<b>546</b>	<b>685.9</b>	<b>567</b>
1991-2020	<b>636.0</b>	1.11	0.95	1.18	1.09	0.82	0.74	1.00	0.87	0.79	0.86	1.08	0.89
<b>N.Hrady-Byňov</b>		<b>757.0</b>	<b>613.4</b>	<b>733</b>	<b>728.6</b>	<b>744.4</b>	<b>523.4</b>	<b>621</b>	<b>642</b>	<b>654</b>	<b>645</b>	<b>878</b>	<b>697</b>
1991-2020	<b>699.0</b>	1.08	0.88	1.05	1.04	1.06	0.75	0.89	0.92	0.94	0.92	1.26	1.00
<b>Borkovice</b>		<b>633.3</b>	<b>675.1</b>	<b>677.4</b>	<b>811.1</b>	<b>575.5</b>	<b>433.3</b>	<b>666.9</b>	<b>613.3</b>	<b>435.3</b>	<b>467</b>	<b>697</b>	<b>599</b>
1981-2010	<b>617.0</b>	1.03	1.09	1.10	1.31	0.93	0.70	1.08	0.99	0.71	0.76	1.13	0.97

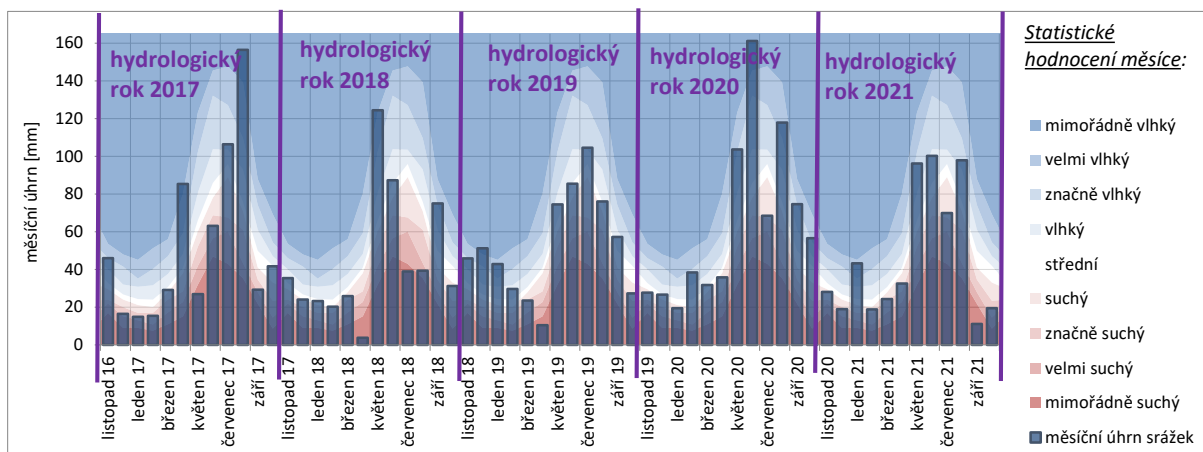
Pro doplňování zásob podzemní vody jsou významné srážky vypadlé v mimovegetačním období, kdy nejsou spotřebovány evapotranspirací a ve větší míře dochází k efektivní infiltraci na hladinu podzemní vody. I v letech s nadprůměrným ročním srážkovým úhrnem mohou být srážky v mimovegetačním období podprůměrné a dochází k minimální dotaci podzemní vody (s výjimkou mělkých kvartérních zvodní). Dotace hlubších zvodní je zpravidla soustředěna do časně jarních měsíců. Roky 2012 až 2014, které předcházely suché periodě, byly srážkově nadprůměrné (Obr. 6), suma srážek v mimovegetačním období ale byla již od roku 2011 podprůměrná (s výjimkou roku 2013). V letech 2014–2021 byl zaznamenán pouze jeden nadprůměrný rok (2019), ve kterém byly srážky v mimovegetačním období nadprůměrné.



Obr. 6 Roční a mimovegetační srážkové úhrny ve stanici Byňov

Rozdělení srážek do jednotlivých měsíců je dokumentované v Obr. 7. I ve srážkově nadprůměrném roce 2020 byla většina měsíců suchá (dle hodnocení Duba 1957) a nadprůměrné srážky byly zaznamenány především v letních měsících (obdobně i v roce 2021). V kombinaci s rostoucí teplotou je kumulace podprůměrných srážkových úhrnů v průběhu mimovegetační sezóny hlavním důvodem poklesu zásob (a hladin) podzemní vody nejen v JP.

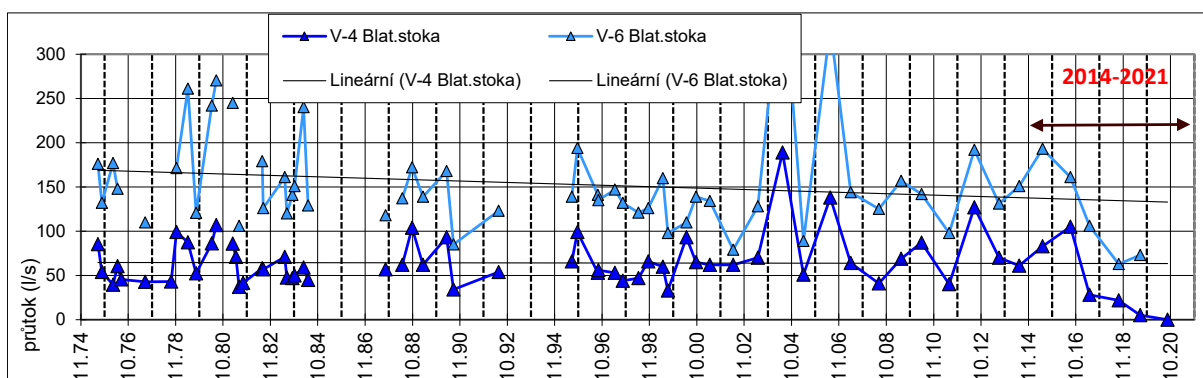




Obr. 7 Měsíční srážkové úhrny ve stanici České Budějovice – hydrologické roky 2017 až 2021

### Vývoj průtoků ve sledovaných povrchových tocích

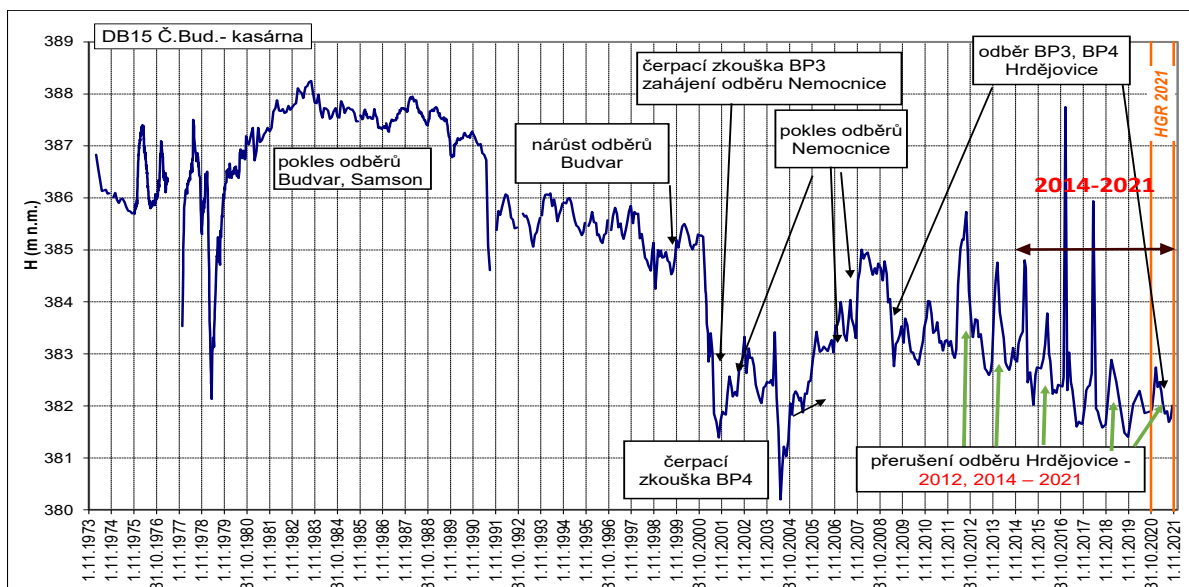
V rámci účelového monitoringu jsou měřeny průtoky na Bechyňském potoce a Blatské stoce v severní části TP a na Stropnici a jejích přítocích v jižní části TP. Od ČHMÚ jsou pro hodnocení přebírány měřené průtoky v Pašínovicích na Stropnici. Zejména v suchých obdobích je průtok v povrchových tocích generován základním odtokem (drenáží podzemní vody). Od 70. let je na Blatské stoce měřen postupný mírný pokles průtoků (Obr. 8), který je v období od roku 2016 výraznější (vyšší průtoky v roce 2016 mohly být způsobeny předchozími srážkami). Minima průtoků jsou v porovnání s minimálními srážkovými úhrny posunuta a průtoky postupně klesaly až do října 2020 (v roce 2021 nebylo z důvodu zarostlého profilu měření realizované). Projevuje se tak několikaleté minimální doplnění zásob podzemní vody v mimovegetačních měsících roku. Od roku 1974 postupně klesá i drenáž mezi oběma profily.



Obr. 8 Průtoky v Blatské stoce

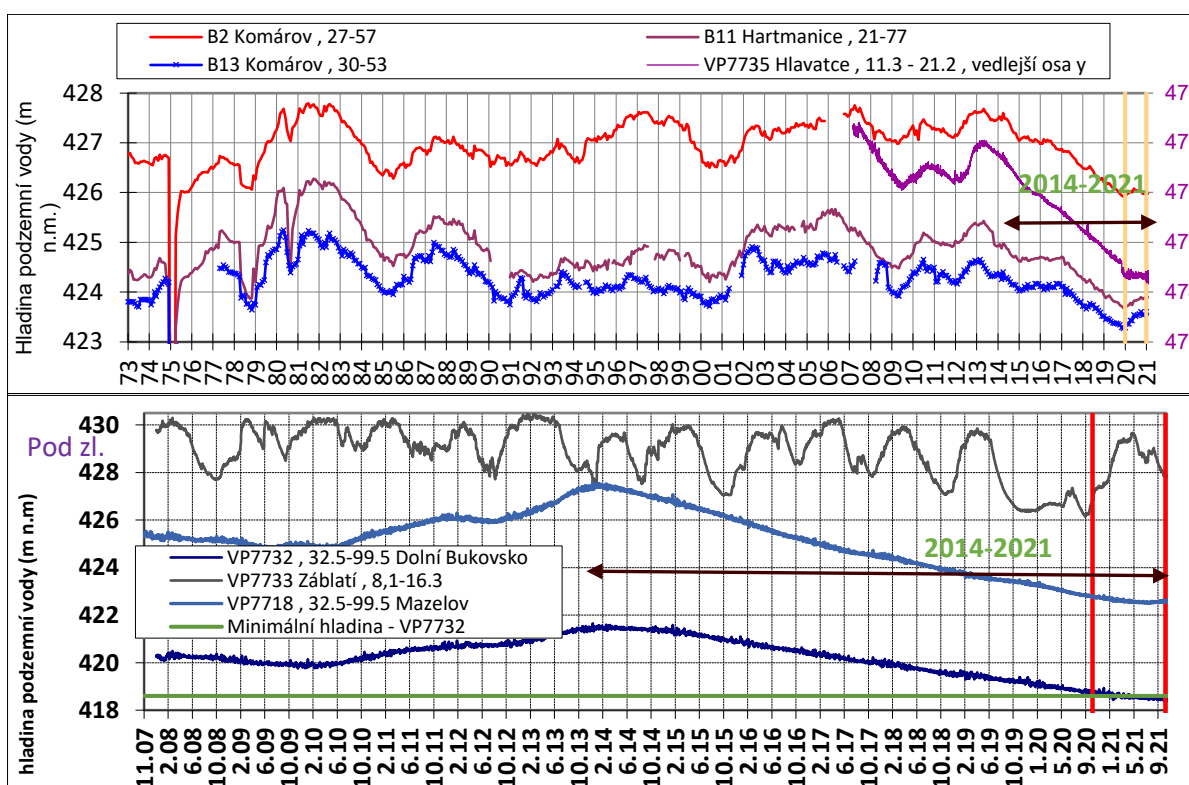
### Vývoj hladiny podzemní vody

Monitorovací vrty jsou situovány jak do chráněných oblastí vázaných na vodu (např. Borkovická blata) a oblastí ovlivněných odběry podzemní vody (účelový monitoring, hrazený významnými odběrateli podzemní vody), tak do oblastí s přirozeným (neovlivněným) prouděním podzemní vody (monitoring ČHMÚ). Důraz je při monitoringu kladen i na znalost tlakových poměrů ve vertikálním profilu pánve, v několika oblastech jsou v jednom místě měřeny vrty perforované v různých hloubkách. Měřená data z monitoringu jsou využívána i při určení míry vlivu jednotlivých odběrů (Obr. 9).



Obr. 9 Průběh hladin podzemní vody ve vrtu DB-15 v Českých Budějovicích a ovlivnění odběry

Na hladinách ovlivněných významnými odběry (Obr. 9) se projevuje jak dlouhodobý vliv zahájení odběrům trvalým poklesem hladiny podzemní vody (např. při zahájení odběrů Hrdějovice v roce 2009), tak krátkodobým ovlivněním při navýšení/omezení odběrů. Vlivem suché periody dochází i ve vrtu DB-15 od roku 2014 k poklesu hladiny podzemní vody. Nadnormální srážky (a infiltrace) v roce 2020 a normální srážky v roce 2021 způsobily ukončení poklesu hladiny podzemní vody.

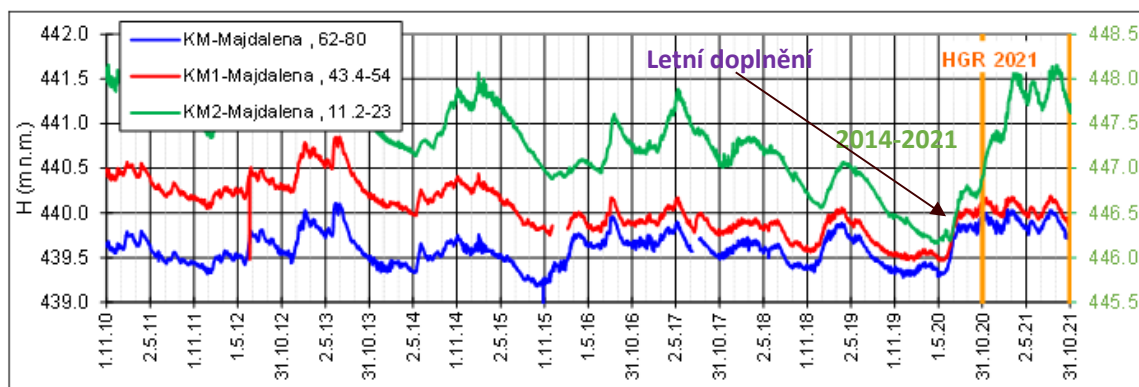


Obr. 10 Vývoj hladiny podzemní vody nad a pod mažickým zlomem

Na Obr. 11 jsou dokumentované průběhy hladiny podzemní vody v oblasti nad (severně) a pod (jižně) mažickým zlomem v severní části třeboňské pánve (za názvem vrtu je v obrázku

dokumentovaná perforace vrtu v m p.t.). Mažický zlom je kolmý na regionální směr proudění podzemní vody, způsobuje výrazné vzestupné proudění, které dalo vzniknout rozsáhlým zamokřeným oblastem (blata). Mažický zlom odděluje severní část TP na dva samostatné zvodněné systémy propojené pouze mělkým prouděním v přípovrchové vrstvě. Vývoj hladin podzemní vody v hlubším horizontu pánve je v obou částech pánve od roku 2014 obdobný. Vlivem suché periody dochází k pozvolnému poklesu hladin (tlaků) podzemní vody, který v minimálně ovlivněné severní části pánve končí na začátku hydrologického roku 2021 a následuje nárůst nebo stagnace hladin. V části pod mažickým zlomem, výrazně ovlivněné odběry z horusické jímací linie (až 110 l/s podzemní vody), pokles hladin trvá i přes srážkově nadprůměrný rok 2020 a průměrný rok 2021 do konce hydrologického roku 2021 a je výraznější (až o 4 m oproti 1,5 m nad zlomem). Vývoj hladiny v mělkém vrtu VP7733 je zcela odlišný s patrným ročním chodem doplnění zásob na jaře a poklesem do konce hydrologického roku.

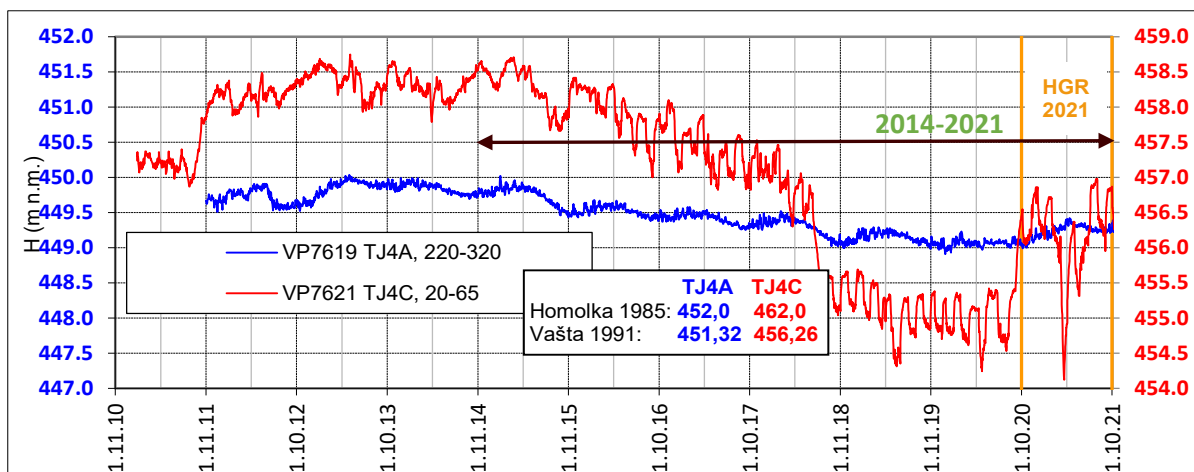
Monitoring hladin je zaměřen i na sledování hladin podzemní vody v různých vertikálních profilech pánevních sedimentů. Vrtky KM v Majdaléně v povodí Lužnice se vyskytují v infiltrační oblasti jižní části TP, kde dochází k poklesu tlaku s monitorovanou hloubkou vrtu (Obr.11). V této oblasti došlo ve všech horizontech k výraznému poklesu v průběhu srážkově výrazně podnormálního roku 2015. Pokles s pravidelnými jarními nárůsty trval až do června 2020, kdy došlo vlivem nadnormálních srážkových úhrnů k nezvyklému letnímu doplnění zásob podzemní vody, které ukončilo dlouhodobý pokles hladin.



Obr. 11 Vývoj hladiny podzemní vody v různých vertikálních profilech v oblasti Majdalény

K letnímu doplnění došlo ve většině oblastí jižní části TP. V severní části TP a v BP bylo letní doplnění 2020 méně výrazné. K letnímu doplnění zpravidla nedochází ani při vysokých srážkových úhrnech, obdobných jako v roce 2020. Nezvyklé letní doplnění zásob podzemní vody v roce 2020 může souviset s minimálním nasycením nesaturevané zóny vlivem dlouhodobého sucha, které může způsobovat vyšší propustnost v přípovrchové vrstvě.

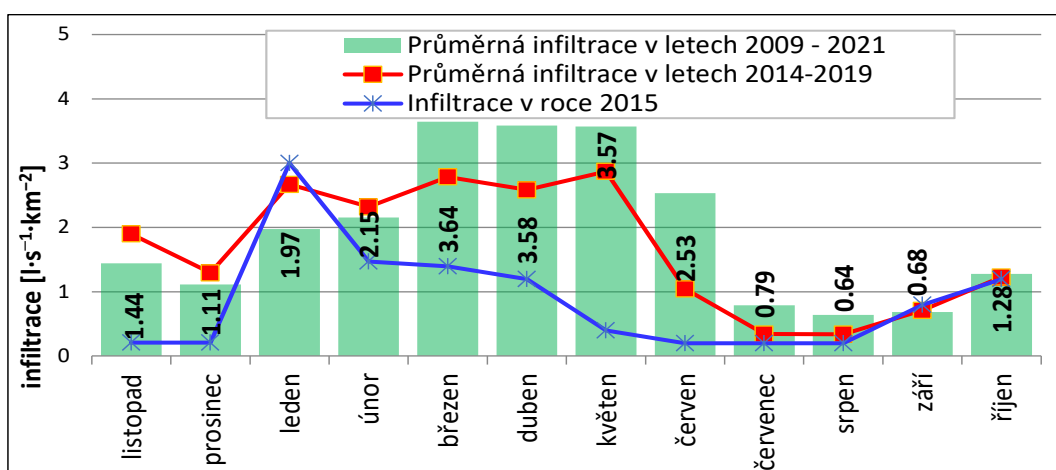
Hladiny podzemní vody v povodí Stropnice jsou také ovlivněny odběry podzemní vody (Obr. 12). Odběry v jímacím území Hluboká u Borovan (cca 8 l/s) se projevují ve vrtu TJ4C perforovaném v obdobném horizontu jako jímací vrtky (svrchní část pánevních sedimentů). U hlubokého vrtu TJ4A se vliv odběrů neprojevuje. U obou vrtů lze ale od léta 2015 pozorovat pozvolný pokles hladin, který trvá až do podzimu 2020.



Obr. 12 Vývoj hladiny podzemní vody v různých vertikálních profilech v oblasti Třebče

### Prognózní modelová simulace

Pro hodnocení hydrogeologického režimu v obou pánvích je pro Povodí Vltavy, s.p. zpracováváno bilanční hodnocení časového vývoje zásob podzemní vody ve čtyřech HGR, realizované pomocí modelových simulací v pravidelném ročním intervalu. V modelovém hodnocení jsou v maximální míře využita měření a hodnocení v oblasti hydrologických, hydrogeologických a hydrochemických prací. V modelových simulacích ustáleného proudění jsou hodnoceny poměry proudění a zásoby podzemní vody s vertikální distribucí v prostoru pánví v aktuálním hydrologickém roku a je zpracovávána krátkodobá prognóza vývoje odběrů, hladin podzemní vody a využitelných zásob podzemní vody. Pro zhodnocení dynamického vývoje proudění podzemní vody a změn její zásoby v jednotlivých hodnocených obdobích jsou zpracovány simulace transientního proudění podzemní vody. Z výsledků transientních simulací je možné hodnotit i velikost srážkové infiltrace (a především změnu zásob podzemní vody), která nemusí korespondovat s celkovým ročním srážkovým úhrnem a v jednotlivých měsících hydrologického roku je intenzita doplnění zásob podzemní vody rozdílná od intenzity srážkové (Obr. 13).



Obr. 13 Modelová infiltrace v budějovické pánvi v jednotlivých měsících

Časová distribuce infiltrace do jednotlivých měsíců je stanovena inverzně na základě maximalizace shody výsledků transientního modelu s hladinami zaměřenými v monitorovacích vrtech. Největší doplnění zásob podzemní vody za období simulace transientního proudění (2008–2021) pravidelně nastávalo od března do května (Obr. 13). V období červen až únor je naopak infiltrace podprůměrná s minimy mezi červencem a zářím. Průměrná infiltrace za období 2009–2021 je  $1,95 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ , v průběhu suchých let 2014–2019 vychází v budějovické

pánvi infiltrace  $1,65 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$  (v grafu červenou čarou) a je patrné její snížení především v období jara (březen–červen). K nejnižší infiltraci v období roků 2014–2021 došlo v hydrologickém roku 2015, ve kterém dosáhla specifika pouze  $1,15 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ .

## Závěr

Systém monitoringu a vyhodnocení hydrogeologických, hydrologických a klimatických veličin v jihočeských pánvích je v rámci ČR ojedinělý a představuje jedinečný nástroj k hodnocení a zejména k ochraně přírodních zdrojů podzemní vody. Do monitoringu jsou kromě ČHMÚ přímo zapojeni významní odběratelé podzemní vody a Krajský úřad jihočeského kraje, vlastní hodnocení je zpracováváno přímo pro správce povrchových a podzemních vod (Povodí Vltavy, s.p.), které je poskytuje KÚ i odběratelům. Na základě dlouhodobého hodnocení měřených dat je ve vybraných vrtech JP stanoven institut minimální hladiny a na vybraných profilech vodních toků institut minimálního průtoku. Podle průběhu měřených dat v těchto profilech může správce povodí přistoupit k regulaci povolených odběrů podzemní vody. V souvislosti se suchou periodou a probíhajícími klimatickými změnami lze očekávat rozšíření stanovených institutů do více oblastí JP.

Kumulace suchých let období 2014–2019, která přesahovala do poloviny roku 2020, s nízkou infiltrací srážek (pokles o 15 až 20 % oproti dlouhodobému průměru) způsobila pokles hladin (a zásob) podzemní vody ve všech jihočeských pánvích, kdy ve většině objektů byly měřeny minimální úrovně hladin podzemní vody v květnu 2020. V severní části TP pokles hladin v hlubokých horizontech ovlivněných čerpáním pokračoval až do podzimu 2021. Po zvýšené intenzitě infiltrace ve druhé polovině roku 2020 se ale poklesy hladin podzemní vody ve většině objektů zastavily, v některých oblastech hladiny ke konci roku i mírně nastoupaly (především ve svrchních horizontech pánví). K vzestupu hladin podzemní vody na úroveň před rokem 2014 by ovšem došlo pouze v případě kumulace několika vlhkých let se zvýšenou (nadprůměrnou) infiltrací srážek.

Zhodnocení aktuální bilance množství podzemní vody zakládá možnost predikovat pomocí modelů další (i dlouhodobý) hydrogeologický vývoj s ohledem na předpokládané změny infiltrace v důsledku možných výkyvů klimatu. V roce 2020 byl pod vedením ČHMÚ zahájen projekt PERUN („Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vliv sucha a změny klimatu v Česku“, [www.perun-klima.cz](http://www.perun-klima.cz)), na kterém se pod patronací MŽP podílí 8 institucí. Projekt je zaměřen na výzkum klimatických extrémů, sucha a důsledků jeho prohlubování v ČR. Jednou z náplní projektu je zpracování a verifikace komplexních modelů podzemních vod pro vybrané oblasti vodohospodářsky významných akumulací podzemních vod a zhodnocení dosavadní a očekávané změny zdrojů povrchových vod a zásob podzemní vody v kontextu změny klimatu a sucha (zpracování je projektováno do roku 2026). Jihočeské pánve a přilehlé oblasti krystalinika jsou jednou z pěti vybraných oblastí pro zpracování komplexního modelu.

## Poděkování

V článku jsou použity výsledky: “Bilanční hodnocení zásob podzemních vod v hydrologickém roku 2021 včetně krátkodobé prognózy vývoje zásob podzemních vod a jejich jakosti pomocí modelových řešení v hydrogeologickém rajónu 2160, 2151, 2152 a 2140 pro potřeby zpracování vodohospodářské bilance za rok 2021 a pro vyjadřovací činnosti správce povodí“, které bylo vypracováno pro Povodí Vltavy, státní podnik.

Článek vznikl s podporou projektu PERUN (SS02030040), který je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva životního prostředí v rámci Programu Prostředí pro život.



## Literatura

Čurda S., Petr J., Šantrůček J., Chaloupka J. (1981): Třeboňská pánev – severní část, Závěrečné hodnocení hydrogeologického průzkumu, Vodní zdroje, Praha.

Kněžek V. 1961: Hydrogeologický průzkum Třeboňské pánve u Mažic – 1. etapa, Vodní zdroje, Praha.

Krásný J., 1974: Základní hydrogeologický průzkum jihočeských pánví, Ústřední ústav geologický, Praha.

Krásný J., Císlarová M., Čurda S., Datel J.V., Dvořák J., Grmela A., Hrkal Z., Kříž H., Marszalek H., Šantrůček, J. a Šilar J. (2012): Podzemní vody České republiky. Regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. 1143 str. - Česká geologická služba Praha.

Šantrůček J., Polesná J., 1986: Režimní sledování jakosti vod v severní části třeboňské pánve – I. Etapa, Vodní zdroje n.p., Praha.

Šeda S., 2022: Hydrogeologie, věda, intuice. Vodní hospodářství, ročník 72, č.1 v roce 2022.

Stegmann st. 1892: Dějiny zásobování Budějovic vodou, Budějovice. Obnovené vydání v jazyce českém, září 2010, ČEVAK a.s.

Zima K., 1959: Hydrogeologický průzkum severní části Třeboňské pánve u Horusic – závěrečná zpráva 1. etapy, Vodní zdroje, Praha.