DOPADY ZMĚNY KLIMATU NA MINIMÁLNÍ PRŮTOKY

Miloň Boháč[1], Pavel Kukla[1], Bohuslava Kulasová[1]

Abstrakt

V rámci řešení grantového projektu MŽP „Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření“ (doba řešení 2007–2011) byly připraveny klimatické scénáře pro tři následující třicetileté časové horizonty: 2010–2039, 2040–2069 a 2070–2099 [1].
V prostředí hydrologického modelu Aqualog byly namodelovány pro vybrané časové horizonty řady průměrných denních průtoků. Pro analýzu dopadů změny klimatu na minimální průtoky jsou ze simulovaných řad denních průtoků odvozeny hydrologické charakteristiky minimálních, M-denních a p-procentních průtoků, které jsou porovnávány s charakteristikami odvozenými za referenční období představující současný hydrologický režim.
Příspěvek obsahuje dosavadní výsledky výzkumu ve vybraných povodích v jednotlivých časových horizontech a prezentuje výsledky analýz minimálních průtoků pro různé varianty modelů a trendy vybraných hydrologických charakteristik.

Klíčová slova: hydrologické charakteristiky, minimální průtoky, klimatická změna

1. Úvod

V rámci řešení dílčího úkolu grantového projektu (DP 03) jsou stanovena dvě hlavní témata. Téma A se zabývá dopady změnu klimatu na maximální průtoky, výstupy řešení prezentuje příspěvek RNDr. J. Daňhelky, PhD. z ČHMÚ. Téma B má za cíl stanovit odhad dopadů předpokládaných klimatických scénářů na minimální průtoky, dosavadní výsledky přináší tento příspěvek.
V průběhu řešení projektu proběhlo ve vybraných vodoměrných stanicích odvození hydrologických charakteristik minimálních průtoků, včetně odvození N-letých minimálních průtoků. Byly analyzovány trendy vybraných charakteristik (průměrných ročních průtoků, měsíčních průtoků po jednotlivých měsících, vybraných kvantilů M-denních průtoků) za zvolené období 1961–2005. Dále byly zpracovány nedostatkové objemy a jejich doby trvání a podrobeny rozboru minimální průtoky pro několik významných period suchého období.
Na základě vypočtených klimatických scénářů změny meteorologických prvků (teplot vzduchu a atmosférických srážek) pro tři časové horizonty byly nasimulovány řady průměrných denních průtoků pro vybraná povodí: Orlice, Výrovka, Jizera, horní Vltava, Otava, Smědá a Bečva. Z těchto řad jsou odvozovány hydrologické charakteristiky průměrných a minimálních průtoků

2. Zpracování simulovaných řad průměrných denních průtoků

Výstupem hydrologického modelu AquaLog jsou pro vodoměrné stanice řady průměrných denních průtoků pro několik použitých klimatických modelů: ECHAM (MPI, Německo), HAD (Hadley Centre, Velká Británie), MIRO (University of Tokyo, Japonsko), MED představující medián z 8 vybraných globálních modelů a též ALADIN-CLIMATE/CZ. Tyto klimatické modely jsou rozpracovány pro tři časové horizonty (2010–2039, 2040–2069 a 2070–2099) v kombinaci se třemi emisními scénáři (B1, A1B, A2). Pro jednotlivé vodoměrné stanice byly též odvozeny řady průměrných denních průtoků pro referenční období (Base), která vychází z klimatického období 1961-1990.
Následně byly spočítány hydrologické charakteristiky (Q_a – průměrný průtok za období, vybrané kvantily M-denních průtoků) a určeny procentuální odchylky vybraných charakteristik jednotlivých variant od charakteristik referenčního období.

3. Analýza výsledků ve vybraných stanicích

Pro představení výsledků řešení dílčí části grantového projektu byly vybrány dvě závěrové vodoměrné stanice (Týniště nad Orlicí v povodí Orlice, Dluhonice v povodí Bečvy). Na těchto stanicích je prezentováno srovnání hydrologických charakteristik v závislosti na kombinaci klimatických modelů a emisních scénářů ve třech časových horizontech.
Z namodelovaných řad průměrných denních průtoků byly odvozeny základní statistické charakteristiky a M-denní průtoky. Pro snadnější vizuální srovnání jednotlivých kombinací klimatických modelů a emisních scénářů byly sestaveny tabulky 1 a 2, které názorně zobrazují průběhy relativních odchylek hydrologických charakteristik na základě znázorněných symbolů.

Tab. 1: Porovnání odchylek hydrologických charakteristik ve stanici Týniště nad Orlicí pro tři budoucí období a jednotlivé varianty modelů

Období 1 (2010-2039)	ECHAM_B1	ECHAM_A1B	ECHAM_A2	HAD_B1	HAD_A1B	HAD_A2	ALADIN	MED_B1	MED_A1B	MED_A2	MIRO_B1	MIRO_A1B	MIRO_A2
Qa	-	-	-	-	-	-	↘	-	↘	-	-	-	-
Průměr_Q180d-Q364d	-	-	-	-	-	-	↘	-	↘	-	-	-	-
Q355d	-	-	-	-	-	-	↘	-	↘	-	-	-	-
Období 2 (2040-2069)													
Qa	↗	↘	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘
Průměr_Q180d-Q364d	↘	↘	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘
Q355d	↘	↓	↓	↘	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↘	↘
Období 3 (2070-2099)													
Qa	↘	↓	↘	↘	↓	↘	↓	↘	↘	↘	↗	↗	↘
Průměr_Q180d-Q364d	↓	↓	↓	↘	↓	↓	↓	↘	↓	↓	↗	↗	↘
Q355d	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↘	↓	↓	↗	↗	↘

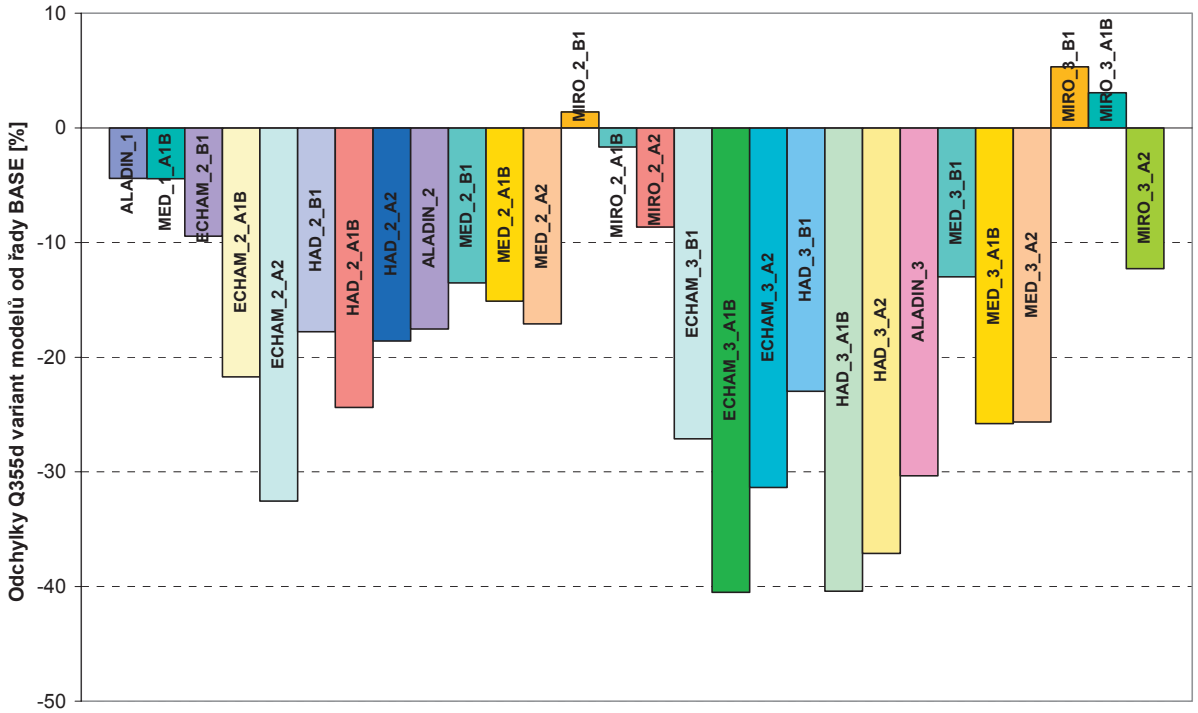
Tab. 2: Porovnání odchylek ve stanici Dluhonice pro tři budoucí období

Období 1 (2010-2039)	ECHAM_B1	ECHAM_A1B	ECHAM_A2	HAD_B1	HAD_A1B	HAD_A2	ALADIN	MED_B1	MED_A1B	MED_A2	MIRO_B1	MIRO_A1B	MIRO_A2
Qa	-	-	-	-	-	-	↘	-	↘	-	-	-	-
Průměr_Q180d-Q364d	-	-	-	-	-	-	↘	-	↘	-	-	-	-
Q355d	-	-	-	-	-	-	↘	-	↘	-	-	-	-
Období 2 (2040-2069)													
Qa	↘	↘	↘	↗	↗	↗	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↘
Průměr_Q180d-Q364d	↘	↘	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	→
Q355d	↘	↘	↓	↘	↓	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↘
Období 3 (2070-2099)													
Qa	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↗	↗	↘
Průměr_Q180d-Q364d	↓	↓	↓	↘	↓	↓	↓	↘	↘	↘	↗	↗	↘
Q355d	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↘	↓	↓	↗	↗	↘

↗ = mírný vzestup charakteristiky do 5 %
↘ = mírný pokles charakteristiky do -5 %
↗ = vzestup charakteristiky v intervalu 5,1 % až 20 %
↘ = pokles charakteristiky v intervalu -20 % až -5,1 %
↑ = strmý vzestup charakteristiky, větší než 20 %
↓ = strmý pokles charakteristiky, větší než -20 %

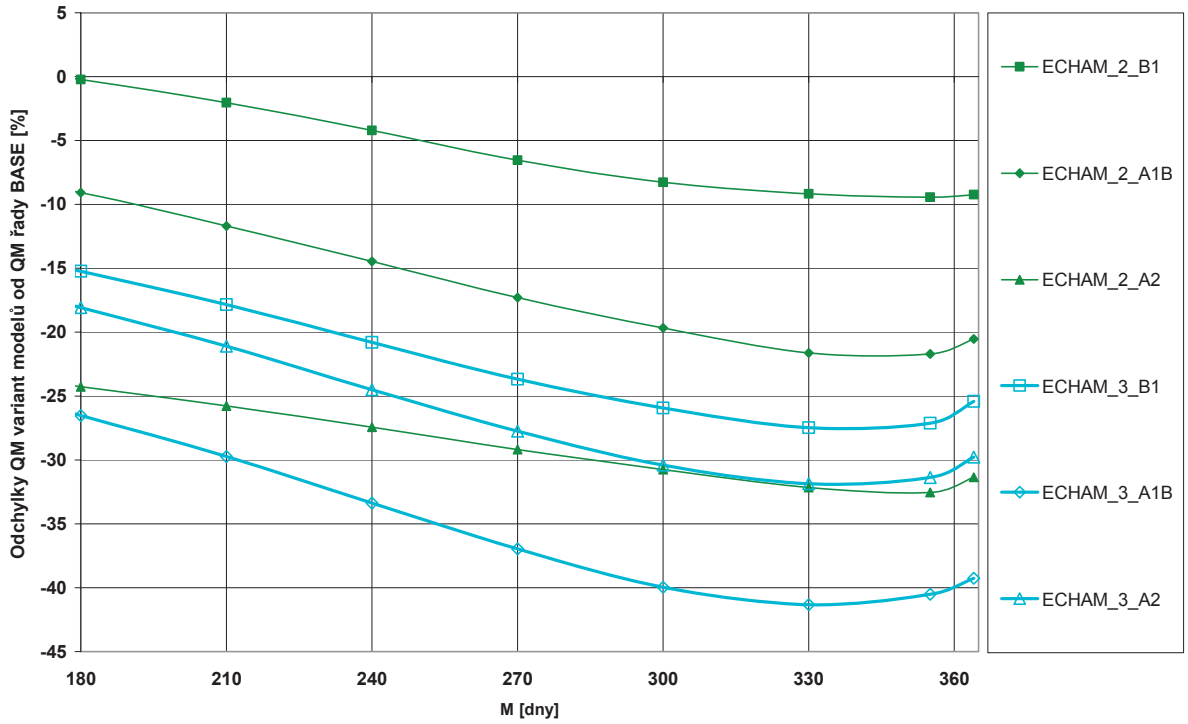
Z tabulek vyplývá, že pro první období 2010–2039 jsou k dispozici pouze dvě namodelované varianty, které předpovídají minimální odchylky s mírnými poklesy do 5 % sledovaných charakteristik průměrných průtoků Q_a, průměru kvantilů Q_{180d}–Q_{364d} i kvantilu Q_{355d}. Výjimku tvoří odchylky průměrného průtoku ve stanici Týniště, kde je modelován nárůst o 5,3 %.
Pro druhé klimatické období 2040-2069 jsou patrné výraznější odchylky mezi jednotlivými klimatickými modely v kombinaci s emisními scénáři. Dlouhodobý průtok Q_a pro stanici Týniště nad Orlicí u většiny modelů klesá, ve stanici Dluhonice se průběh liší dle jednotlivých modelů. Charakteristika průměru kvantilů Q_{180d}–Q_{364d} vykazuje ve většině případu poklesové tendence, u kombinace modelu ECHAM_A2 vychází výraznější pokles charakteristiky. Výraznější průběh naznačuje průtok Q_{355d} s poklesem větším než 5 % s výjimkou modelu MIRO.
Pro třetí klimatické období 2070–2099 vychází u všech kombinací klimatických modelů (opět kromě modelu MIRO) pro sledované hodnotící charakteristiky pokles. U průtoku Q_a lze relativní odchylky označit za klesající v rozsahu do -20 %. U charakteristik průměr kvantilů Q_{180d}–Q_{364d} a Q_{355d} lze označit tuto změnu ve většině případů jako strmý pokles.
Atypicky se chová model MIRO, u kterého vycházejí značně odlišné výsledky. Zvláště u kombinace s emisním scénářem B1 a částečně i A1B je zaznamenán vzestup hodnocených průtoků. Pouze scénář A2 zaznamenává poklesy charakteristik v souladu s ostatními modely.

Podrobnější přehled o chování průtoku Q_{355d} pro jednotlivé varianty modelů a scénářů ve třech modelovaných obdobích pro stanici Týniště nad Orlicí je patrný z obrázku 1. Pro první časový horizont jsou u obou variant modelů mírné poklesy do 5 %, pro druhý časový horizont u většiny variant modelů výraznější poklesy od 9 do 25 %, pouze model MIRO ve dvou případech modeluje mírné změny a model ECHAM s emisním scénářem A2 modeluje strmý pokles přes 30 %. Ve třetím časovém horizontu vycházejí pro devět variant modelů strmé poklesy mezi 20 až 40 %.



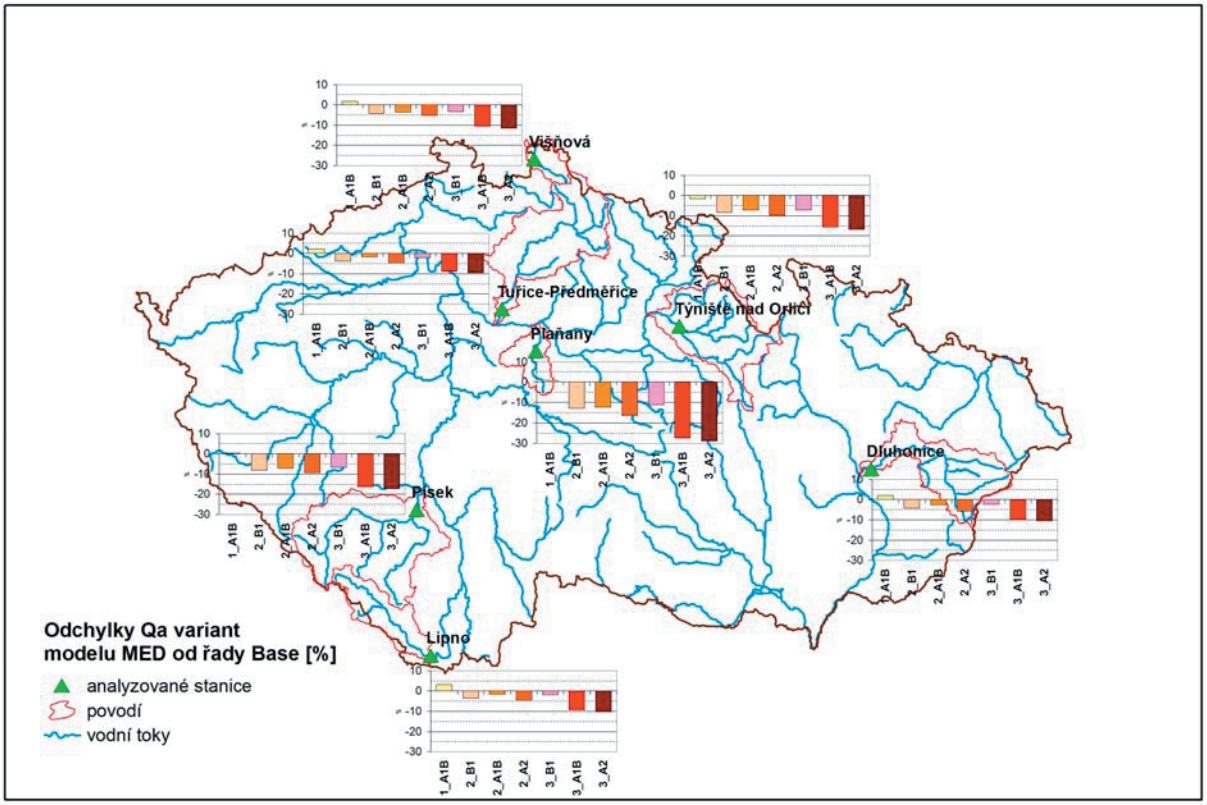
Obr. 1: Procentuální odchylky Q_{355d} variant modelů od Q_{355d} řady Base ve stanici Týniště nad Orlicí pro tři modelovaná období

Graf na obrázku 2 znázorňuje průběh relativních odchylek M-denních průtoků z různých variant modelu ECHAM od M-denních průtoků řady Base, která představuje referenční období. Tento typ grafu představuje jeden z mnoha výstupů analýzy vlivu klimatické změny na minimální průtoky. Jak je patrné, relativní odchylky všech variant modelu ECHAM ve stanici Týniště vychází pro kvantily Q_{180d} až Q_{364d} záporné. Např. pro průtok Q_{330d} vychází odchylky v druhém období v rozsahu od -9 % do -32 %, ve třetím období dokonce -27 % až -41 %. Průběh relativních odchylek variant modelu ECHAM ve stanici Dluhonice je téměř shodný.

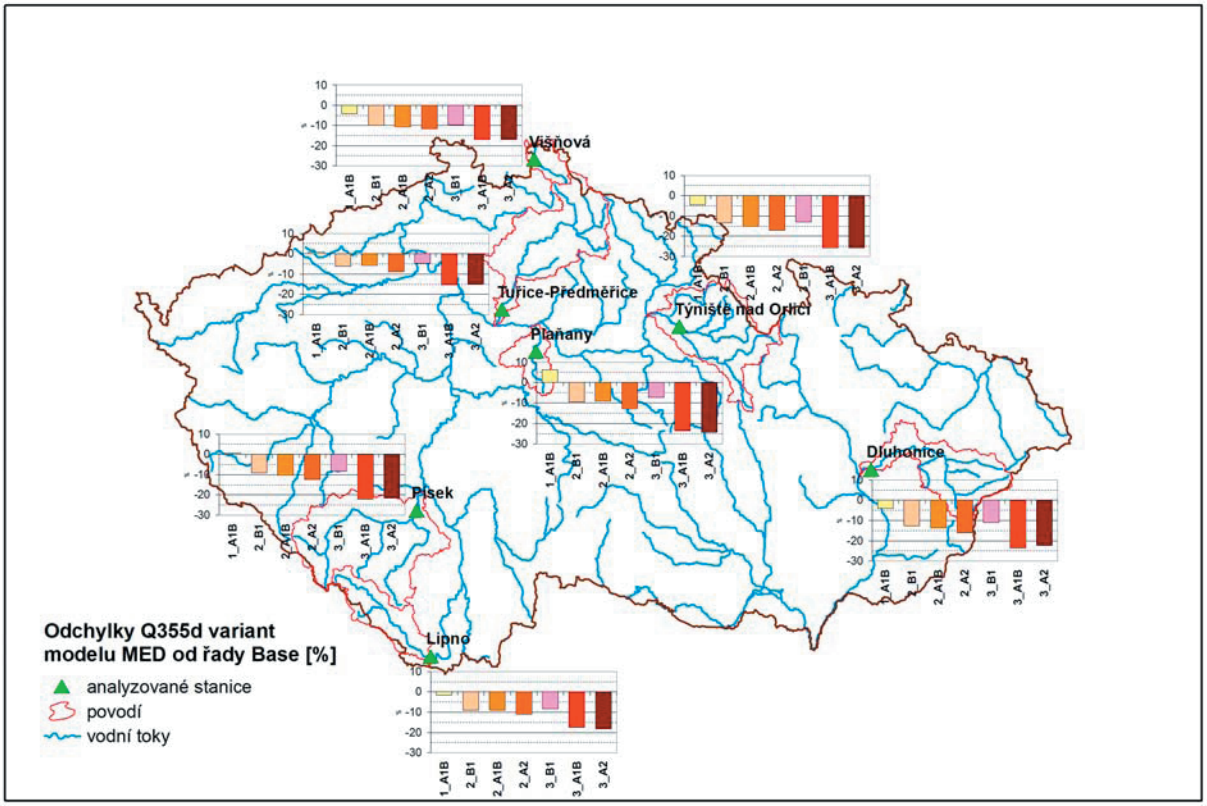


Obr. 2: Relativní odchylky M-denních průtoků variant modelu ECHAM od Q_M řady Base [%] ve stanici Týniště nad Orlicí pro 2. období (2040–2069) a 3. období (2070–2099)

Mapy na obrázcích 3 a 4 zobrazují formou kartodiagramu relativní odchylky průměrného průtoku Q_a a průtoku Q_{355d} variant modelů MED od řady Base pro závěrové stanice sedmi zájmových povodí.
Analýzou namodelovaných dat modelu MED bylo zjištěno, že pro časový horizont do roku 2039 nenabývají charakteristiky průtoků Q_a i Q_{355d} výraznějších změn. Průběh průtoků Q_a i Q_{355d} nabývá s prodlužujícím se časovým horizontem výraznějších záporných odchylek. Odchylky průtoku Q_a v druhém horizontu do roku 2069 se pohybují v rozsahu do -10 %, pouze ve stanici Plaňany na Výrovce do -15 %. Odchylka průtoku Q_{355d} nepřesahuje v tomto období -15 %. Pro třetí časový horizont do roku 2099 se relativní odchylky Q_a pohybují do -20 %, v Plaňanech do -30 %. Relativní odchylky průtoku Q_{355d} se pohybují do -25 %, nejvyšší odchylky jsou ve stanici Týniště nad Orlicí. V porovnání jednotlivých kombinací emisních scénářů a časových horizontů vychází největší záporné odchylky ve většině případů pro emisní scénář A2.
Ze srovnání výsledků v závěrových stanicích zájmových povodí nejsou patrné výrazné regionální odlišnosti. Průběh relativních odchylek hodnocených charakteristik nabývá podobných tendencí.



Obr. 3: Relativní odchylky průtoků Q_a variant modelů MED od řady Base [%] pro závěrové stanice ve třech modelovaných obdobích 2010–2039, 2040–2069, 2070–2099



Obr. 4: Relativní odchylky průtoků Q_{355d} variant modelů MED od řady Base [%] pro závěrové stanice ve třech modelovaných obdobích 2010–2039, 2040–2069, 2070–2099

4. Závěr

V článku byly uvedeny výsledky statistických analýz M-denních průtoků pro závěrové stanice vybraných toků. Z dosavadních výsledků řešení je patrné, že výsledné namodelované průtoky se mohou v závislosti na kombinaci klimatického modelu, zvoleného emisního scénáře a časového horizontu poměrně značně lišit.
Na základě prezentovaných výsledků je možné konstatovat, že pro první časový horizont 2010–2039 vycházejí odchylky charakteristik M-denních průtoků vzhledem k referenčnímu období mírné (cca do 5 %). Pro druhý časový horizont 2040–2069 a zvláště pro nejvzdálenější časový horizont 2070-2099 lze pozorovat výraznější záporné odchylky posuzovaných hydrologických charakteristik (až do cca -40 %) a tedy projevující se vliv klimatické změny.
Z dosavadního hodnocení regionálních rozdílů vyplývá, že mezi posuzovanými závěrovými stanicemi nejsou zjištěny výraznější rozdíly. V letošním roce bude počet analyzovaných stanic rozšířen o další stanice v zájmových povodích.
Prezentované ukázky výsledků řešení dílčího úkolu grantového projektu představují průběžné výsledky řešení. V současné době probíhá další zpracování namodelovaných řad denních průtoků v zájmových povodích. Konečné výsledky řešení budou k dispozici v posledním roce řešení grantového projektu v roce 2011.

Literatura

[1] PRETEL, J. – METELKA, L. – KALVOVÁ, J. – NOVICKÝ, O. – DAŇHELKA, J., 2009. Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření (III). Závěrečná zpráva o řešení projektu VaV - SP/1a6/108/07 v roce 2009. ČHMÚ, Praha.

Kontakty na autora

1 Český hydrometeorologický ústav, oddělení povrchových vod,
e-mail: bohac@chmi.cz, kuklap@chmi.cz, kulasova@chmi.cz