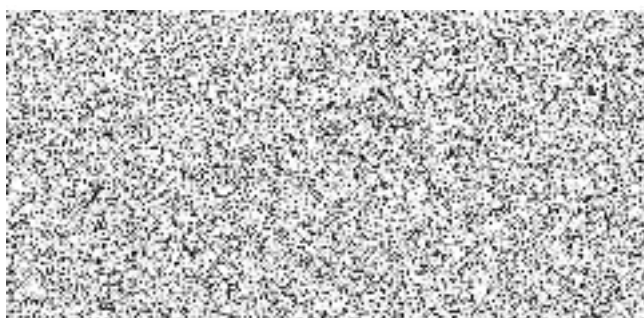


**VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODAŘSKÝ
T.G. MASARYKA**

veřejná výzkumná instituce

STUDIE VLIVU ODEBÍRANÉHO MNOŽSTVÍ VODY NA BILANCI VODY V DUNAJI

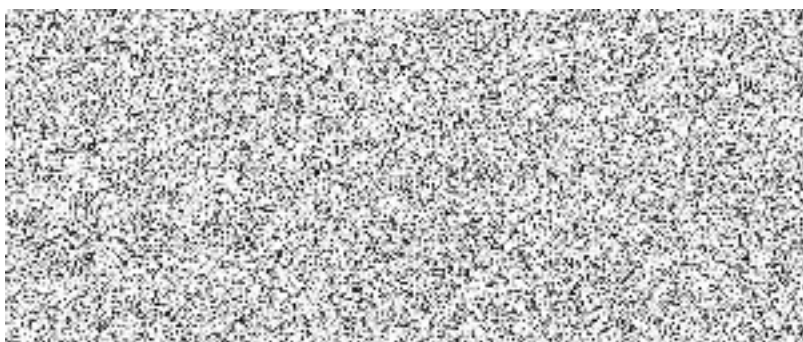


Objednatel: MŽP ČR

PRAHA, ZÁŘÍ 2025



Studie vlivu odebíraného množství vody na bilanci vody v Dunaji



Název a sídlo organizace:

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.

Podbabská 30, 160 62 Praha 6

Ředitel:



Zadavatel:

Ministerstvo životního prostředí, Vršovická 1442/65, 100 10 Praha 10

Zástupce zadavatele:



Zahájení a ukončení úkolu:

01/2025-07/2025

Místo uložení zprávy:

VÚV TGM v.v.i., Praha, oddělení hydrologie

Náměstek ředitele pro výzkumnou a odbornou činnost:



Vedoucí odboru:



Hlavní řešitel:



Spoluřešitelé:



Obsah

.....	1
Seznam obrázků.....	5
Seznam tabulek	6
1 ÚVOD	6
2 SHROMÁŽDĚNÍ A ÚPRAVA DAT	7
2.1 Shromáždění vstupních dat pro hydrologické modelování	7
2.1.1 Historická data	7
2.2 Klimatické scénáře	12
3 MODELOVÁNÍ HYDROLOGICKÉ BILANCE	13
3.1 Sestavení a kalibrace hydrologických modelů pro současné podmínky	13
3.1.1 BILAN	13
3.1.2 GR4J	14
3.2 Hydrologické modelování změn klimatu	15
3.3 Stanovení minimálního zůstatkového průtoku	16
4 VYHODNOCENÍ	18
4.1 Dopad na průtoky a zabezpečení	18
4.1 Změna průtokového režimu v budoucích obdobích a zabezpečení.....	21
4.2 Riziko nedodržení minimálního zůstatkového průtoku (MZP)	22
4.3 Shrnutí klíčových zjištění	31
5 PŘÍLOHY	32
Přírůstková metoda	32
Výběr RCM a GCM	33
Výhledové periody	35
Zdroje.....	60

Seznam obrázků

Obrázek 2-1 Řešená oblast povodí Dunaje včetně vodoměrných stanic a uvažovaného odběrného místa (červeně)	7
Obrázek 2-2 Porovnání teplot vzduchu z databází ČHMÚ (staniční), HAMR a HERA	9
Obrázek 2-3 Porovnání srážkových úhrnů z databází ČHMÚ (staniční), HAMR a HERA.....	10
Obrázek 2-4: Časová řada srážek na povodí 1008.....	11
Obrázek 2-5: Časová řada teplot na povodí 1008	11
Obrázek 2-6: Časová řada odtoku na povodí 1008	12
Obrázek 3-1 Kalibrace modelu BILAN na povodí 1002.....	14
Obrázek 3-2 Kalibrace modelu GR4J na povodí 1002.....	15
Obrázek 3-3 Schéma modelování dopadů změn na hydrologickou bilanci	16
Obrázek 4-1 Čára překročení pro současné podmínky (model BILAN)	19
Obrázek 4-2 Čára překročení pro současné podmínky v jednotlivých měsících (model BILAN).....	19
Obrázek 4-3 Čára překročení pro současné podmínky (model GR4J).....	20
Obrázek 4-4 Čára překročení pro současné podmínky v jednotlivých měsících (model GR4J)	20
Obrázek 4-5 Změny průtoků v jednotlivých měsících pro simulace CMIP6	21
Obrázek 4-6 Změny průtoků v jednotlivých měsících pro simulace CMIP5	22
Obrázek 4-7 Čáry překročení a zabezpečení: Bilan x CMIP5.....	24
Obrázek 4-8 Čáry překročení a zabezpečení: GR4J x CMIP5.....	24
Obrázek 4-9 Čáry překročení a zabezpečení: Bilan x CMIP6.....	25
Obrázek 4-10 Čáry překročení a zabezpečení: GR4J x CMIP6.....	25
Obrázek 4-11 Zabezpečení MZP a odběru	30
Obrázek 4-12 Zabezpečený průtok (80 a 90 procent)	30

Seznam tabulek

Tabulka 2-1: přehled zkoumaných povodí.....	8
Tabulka 2-2 : ukázka historických klimatologických dat	10
Tabulka 3-1: směrné hodnoty pro výpočet MZP.....	16
Tabulka 3-2: Hodnoty MZP na základě dvou metodických přístupů	17
Tabulka 4-1 Zabezpečení pro současné podmínky.....	23
Tabulka 4-2 Hodnoty zabezpečení pro periodu NEAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (BILAN)	27
Tabulka 4-3 Hodnoty zabezpečení pro periodu NEAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (GR4J)	27
Tabulka 4-4 Hodnoty zabezpečení pro periodu MID, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (BILAN)	28
Tabulka 4-5 Hodnoty zabezpečení pro periodu MID, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (GR4J)	28
Tabulka 4-6 Hodnoty zabezpečení pro periodu FAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (BILAN)	29
Tabulka 4-7 Hodnoty zabezpečení pro periodu FAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (GR4J)	29
Tabulka 5-1 Hlavní SSP scénáře.....	34
Tabulka 5-2 RCP Scénáře.....	35

1 ÚVOD

Popis činností v části A:

Studie bude bilančně hodnotit kvantitu vody s ohledem na uvažované odběry pro současné a výhledové klimatické podmínky. Chronologii prací lze shrnout následovně:

A.1 Shromáždění a úprava vstupních dat:

- a) průtoky za období 1991-2023 (ideálně) pro zájmové profily,
- b) klimatická data v denním časovém kroku (teploty vzduchu, srážkové úhrny) za období 1991-2023 pro povodí Dunaje k závěrnému profilu (gridovaná data ze stanic, pro ČR jsou k dispozici 1 km x 1 km), z těchto dat vypočítat hodnoty pro zájmová povodí. Transformace klimatologických dat pro zájmové jednotky hydrologického modelu.
- c) Stáhnout GCM (globální klimatické modely) a korigovat pokročilou přírůstkovou metodou pro zájmové lokality.

A.2 Sestavení a kalibrace hydrologických modelů pro současné podmínky.

A.3 Modelování výhledové hydrologické bilance.

A.4 Vyhodnocení odebíraného množství vody na bilanci vody v Dunaji pro současné a výhledové klimatické podmínky.

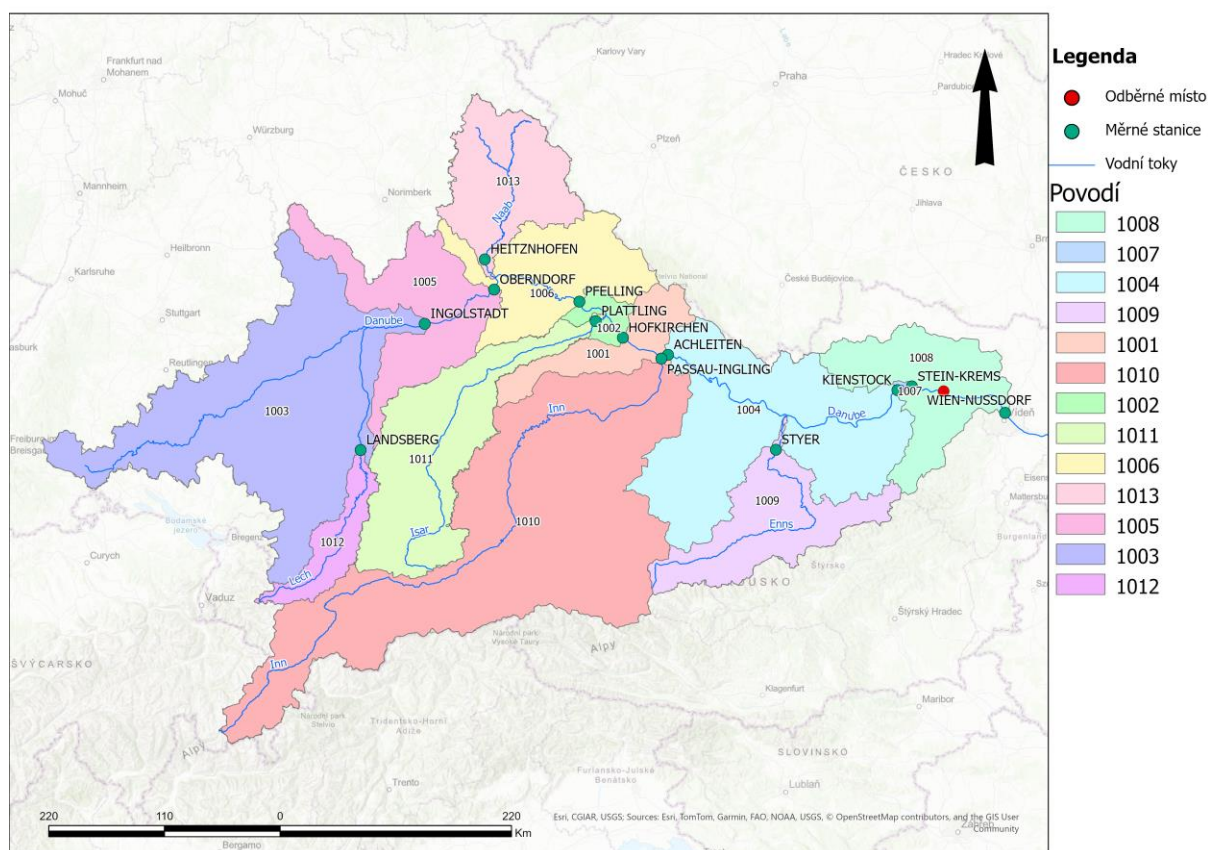
2 SHROMÁŽDĚNÍ A ÚPRAVA DAT

2.1 Shromáždění vstupních dat pro hydrologické modelování

2.1.1 Historická data

Pro vyhodnocení kvantity vody pro současné a výhledové klimatické podmínky byla extrahována klimatická data pro studovaná povodí z datasetu HERA, který poskytuje rastrová klimatická data s prostorovým rozlišením 1,5 km a časovým krokem 6 hodin pro průtok, srážkový úhrn a teplotu a časovým krokem 1 den pro potenciální evapotranspiraci (<https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/a605a675-9444-4017-8b34-d66be5b18c95#citation>). Pro vyhodnocení hydrologické bilance byly použity časové řady potenciální evapotranspirace, teploty a srážkového úhrnu, jež byly extrahovány z rastrových dat pro území daných povodí. Extrahování klimatických dat proběhlo za pomoci statistického programovacího prostředí R a dodatečných balíčků funkcí umožňujících prostorové analýzy: sf (<https://CRAN.R-project.org/package=sf>) a terra (<https://CRAN.R-project.org/package=terra>). Časový rozsah výstupních datových sad byl 1.1.1990–1.1.2021.

Dílčí povodí v rámci povodí Dunaje pro projekt DuDy



Obrázek 2-1 Řešená oblast povodí Dunaje včetně vodoměrných stanic a uvažovaného odběrného místa (červeně)

Prostorová data (shp) pro extrakci rastrových dat byla získána z databáze GRDC (<https://grdc.bafg.de/>). Následně bylo vybráno 13 zájmových povodí, které zobrazuje Obrázek 2-1. Jedná se zejména o povodí měrných stanic na Dunaji před místem potenciálního odběru,

jedna stanice za místem odběru a 5 povodí významných přítoků Dunaje. Pro podrobnější zkoumání hydrologické bilance byla některá povodí extrahována do subpovodí ohraničená dvěma sousedními uzávěrovými profily. Zkoumaná povodí, resp. subpovodí a jejich ID zobrazuje Tabulka 2-1.

Časové řady průtoků byly získávány primárně z národních databází pro příslušné vodní toky eHyd (<https://ehyd.gv.at/>) pro Rakousko a GKD (<https://www.gkd.bayern.de/en/rivers/discharge>) pro Německo. V případě nedostupnosti časových řad průtoků pro některé uzávěrové profily, byla použita data z Global Runoff Data Center (<https://grdc.bafg.de/>) (GRDC), popř. z HERA databáze. Průtoková data byla preferována z národních databází průtoků pro zajištění nejvyšší přesnosti. Pouze v případě, že data nebyla v dané měrné stanici dostupná, nebo nebyl časový rozsah měření dostatečně velký, byla použita data z mezinárodních databází (HERA a GRDC). Vstupní data pro kalibraci modelů byla u 12 ze 13 povodí za období 1990–2020. Pro jedno povodí (ID 1001) za období 2000–2020. Zdroje průtokových dat zobrazuje Tabulka 2-1.

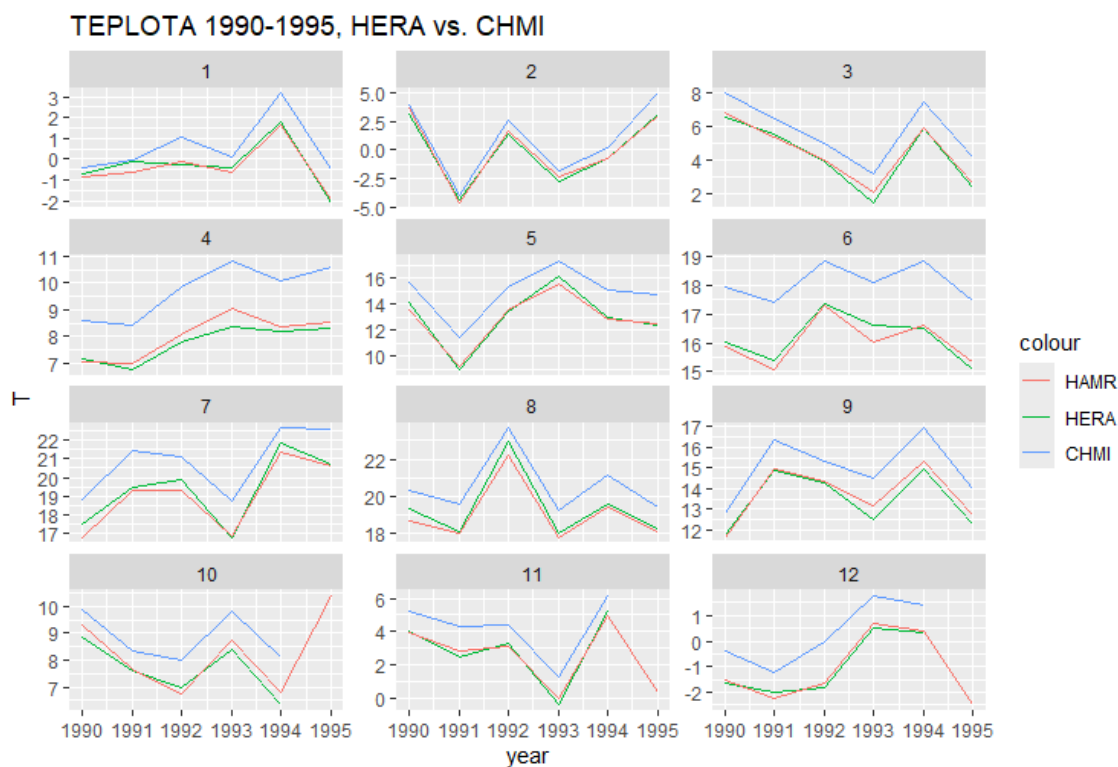
Tabulka 2-1: přehled zkoumaných povodí

ID povodí	ID subpovodí	Stanice	Zdroj průtoků
1001	-	Achleiten	eHYD
1002	-	Hofkirchen	GKD
1003	1903	Ingoldstadt	GKD
1004	1904	Kienstock	eHYD
1005	1905	Oberndorf	GKD
1006	1906	Pfelling	GKD
1007	-	Stein-Krems	HERA
1008	1908	Wien	HERA
1009	-	Styer	GRDC
1010	-	Passau	GKD
1011	-	Plattling	GKD
1012	-	Landsberg	GKD
1013	-	Heitznhofen	GKD

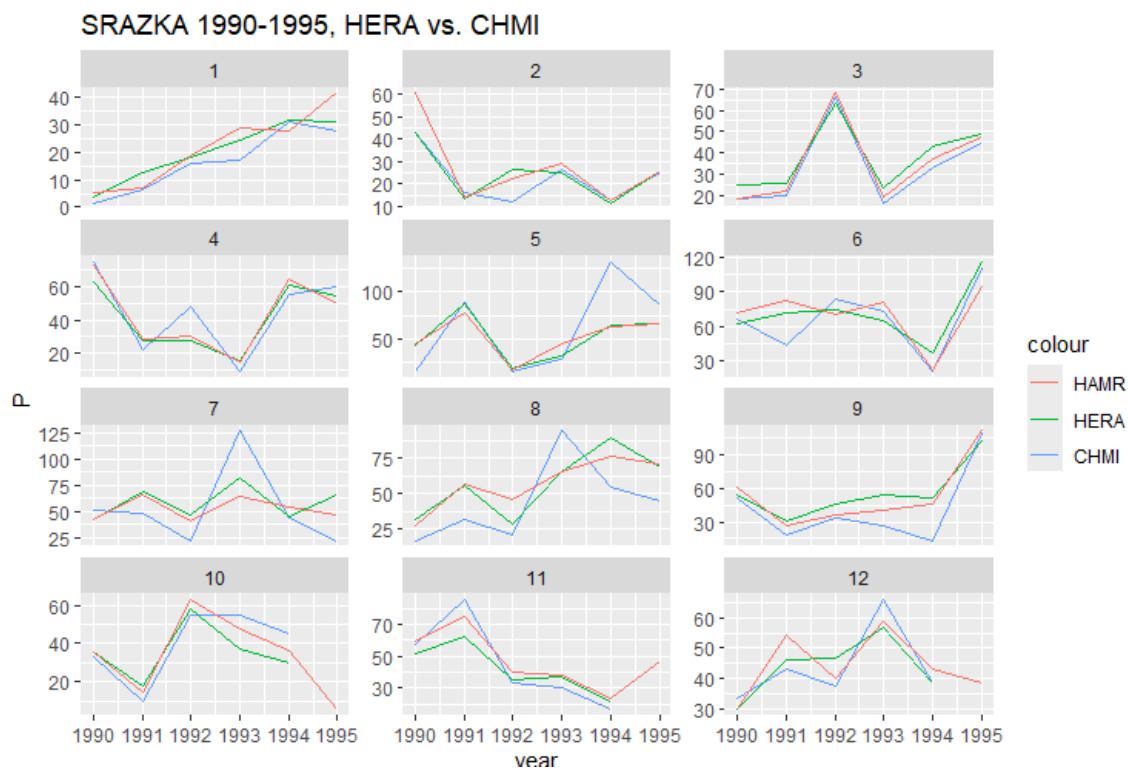
2.1.1.1 Vyhodnocení historických dat

Pro vyhodnocení historických klimatologických a hydrologických dat získaných ze zdrojů popsaných v kapitole 2.1.1 byla data seskupena do datových souborů, které obsahovaly sloupce s datem, celkovým denním srážkovým úhrnem, průměrnou denní teplotou, a s průměrným denním průtokem. Průměrný denní průtok byl následně zredukován plochou povodí na odtok, který je uváděn v jednotkách mm/den. Poslední veličinou v datovém souboru je potenciální evapotranspirace, která byla na základě klimatologických dat odhadnuta modelem BILAN. Stejným způsobem byla data organizována i pro kalibraci

hydrologických modelů. Strukturu historických dat zobrazuje Tabulka 2-2. Pro ověření správnosti klimatických dat extrahovaných z databáze HERA byla data extrahována i pro povodí Dyje a následně vyobrazena v grafech porovnáním s daty z ČHMÚ a HAMR (Obrázek 2-2 a Obrázek 2-3). Na grafech jsou znázorněny průměrné měsíční hodnoty za období 1990-1995.



Obrázek 2-2 Porovnání teplot vzduchu z databází ČHMÚ (staniční), HAMR a HERA



Obrázek 2-3 Porovnání srážkových úhrnů z databází ČHMÚ (staniční), HAMR a HERA

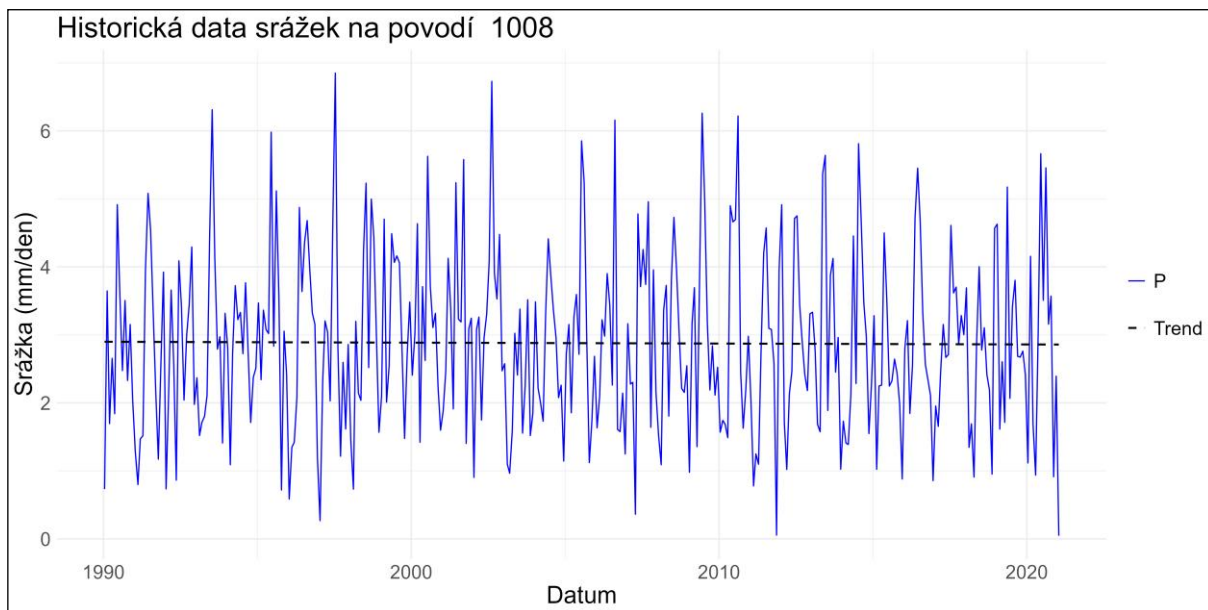
Tabulka 2-2 : ukázka historických klimatologických dat

DTM	ID	P	T	PET	Q	R
1990-01-01	1001	0.0119	-6.79	0.421	866	0.980
1990-01-02	1001	0.0868	-4.07	0.424	817	0.925
1990-01-03	1001	0.0295	-2.36	0.253	851	0.963
1990-01-04	1001	0.000281	-4.22	0.272	828	0.937
1990-01-05	1001	3.74	-4.59	0.407	809	0.916

Jako reprezentační povodí pro vizualizaci historických klimatologických a hydrologických dat bylo vybráno povodí s ID 1008 – povodí Dunaje k měrné stanici ve Vídni.

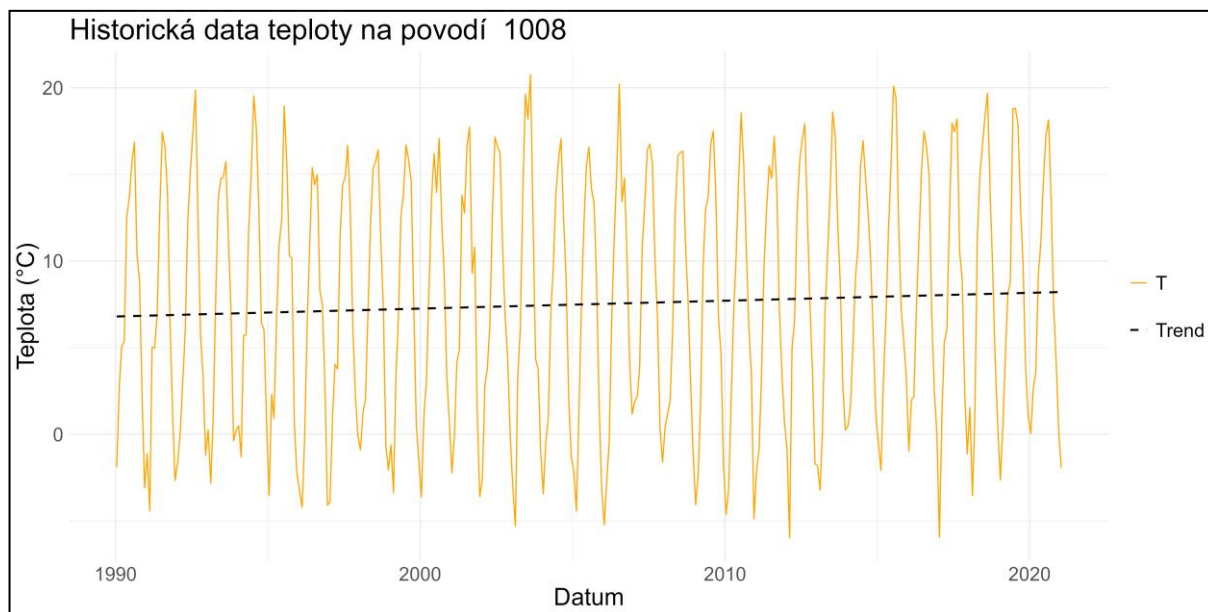
Tato měrná stanice se nachází přibližně 50 km po proudu od odběrného místa v Altenwörthu a reprezentuje tedy celé povodí Dunaje nad tímto uzávěrovým profilem.

Obrázek 2-4 zobrazuje řasovou řadu denních srážkových úhrnů na povodí 1008 za období 1990–2020. Z grafu je patrná vysoká meziroční i sezónní variabilita, avšak čára znázorňující dlouhodobý trend nevykazuje významný pokles.



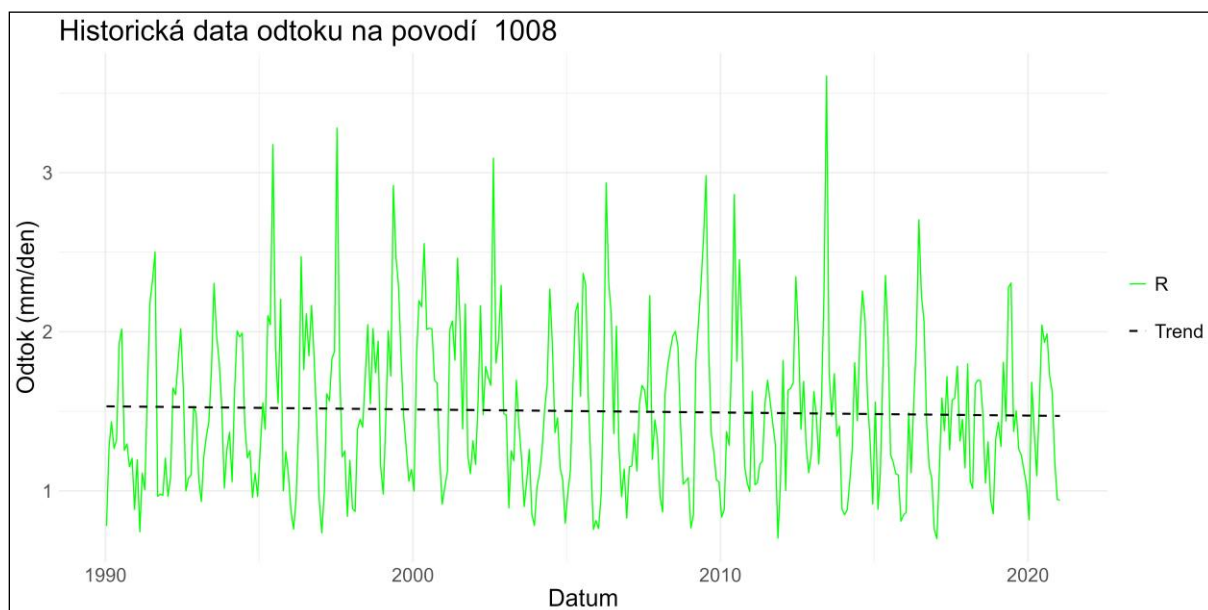
Obrázek 2-4: Časová řada srážek na povodí 1008

Obrázek 2-5 zobrazuje časovou řadu teplot ve stejném časovém rozmezí. Zde pozorujeme vrůstající trend, kdy průměrná teplota vzrostla za 30 let přibližně o dva stupně.



Obrázek 2-5: Časová řada teplot na povodí 1008

Historická data odtoku na povodí 1008 zobrazuje Obrázek 2-6, kde pozorujeme klesající trend s naopak vyššími extrémními odtokovými událostmi.



Obrázek 2-6: Časová řada odtoku na povodí 1008

2.2 Klimatické scénáře

Kapitola se věnuje přípravě klimatických scénářů jako vstupů pro modelování dopadů změny klimatu na hydrologickou bilanci v povodí Dunaje (podrobnější popis je uveden v Příloha 1a). Pro tento účel byla použita pokročilá přírůstková metoda (ADC – Advanced Delta Change), která umožňuje zohlednit nejen změny průměrných hodnot teploty a srážek, ale také jejich variabilitu, a tím i dopady na extrémní události. Tato metoda koriguje systematické chyby klimatických modelů a umožňuje sezónní přístup díky použití 7denních bloků pro transformaci dat. Teplota je přepočítávána lineárně, zatímco srážky jsou zpracovávány pomocí kvantilových transformací, které reflektují rozdíly mezi kontrolním a scénářovým obdobím.

V rámci studie byly vybrány reprezentativní modely ze dvou hlavních skupin. První tvoří globální klimatické modely (GCM) generace CMIP6, např. CMCC-ESM2, EC-EARTH3 či GFDL-ESM4, které byly simulovány pro scénáře SSP (Shared Socioeconomic Pathways). Druhou skupinu tvoří regionální modely (RCM) ze starší generace CMIP5, jako jsou např. MPI-ESM-LR-RCA4 nebo EC-EARTH-RACMO22E, simulované na základě scénářů RCP (Representative Concentration Pathways). Kombinace těchto scénářů (např. SSP2-4.5, SSP5-8.5) umožňuje zachytit široké spektrum možného vývoje klimatu v závislosti na socioekonomických trajektoriích a emisních strategiích.

Hydrologické simulace byly plánovány pro tři výhledová období: NEAR (2021–2050), MID (2036–2065) a FAR (2071–2100). Tím je zajištěna možnost hodnotit časový vývoj změn v hydrologickém režimu s ohledem na různou míru klimatické změny. Výsledkem je komplexní a realistický podklad pro následné hydrologické modelování a vyhodnocení dostupnosti vodních zdrojů v měnících se klimatických podmínkách.

3 MODELOVÁNÍ HYDROLOGICKÉ BILANCE

3.1 Sestavení a kalibrace hydrologických modelů pro současné podmínky

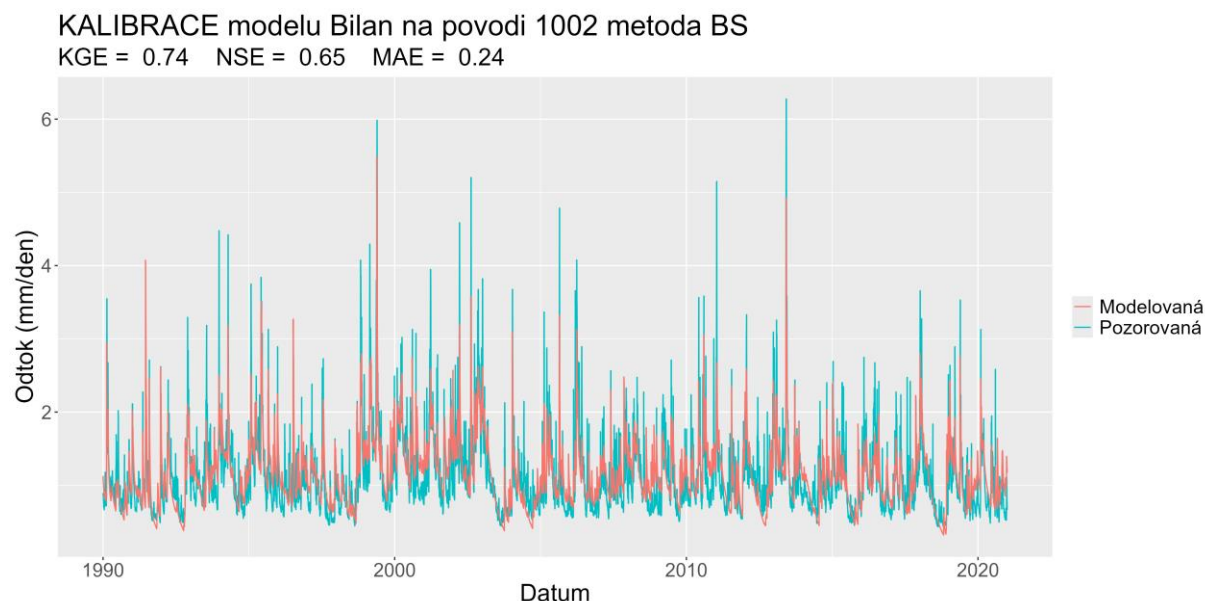
Pro vyhodnocení hydrologické bilance pro současné i výhledové podmínky byly použity celistvé konceptuální hydrologické modely BILAN a GR4J.

3.1.1 BILAN

BILAN je celistvý konceptuální hydrologický model sloužící k predikování stavu vodních zdrojů popř. složek odtoku a je součástí celistvých systémů jako je např. systém HAMR. Model je k dispozici v rámci uživatelského prostředí *Shiny*, nebo jako balík funkcí pro statistické programovací prostředí *R* (Vizina et. al., 2015). Model pracuje v denním, nebo měsíčním kroku a vstupními řadami pro kalibraci modelu jsou časové řady teplot, srážkového úhrnu a potenciální evapotranspirace. Kalibrace modelu probíhá v rámci vlastní kalibrační funkce, která je založena buďto na diferenciální evoluci nebo na binárním vyhledávání. Kalibračním kritériem je Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) (Nash a Sutcliffe, 1970), případně jiné statistické objektivní funkce podle volby uživatele.

Kalibrace modelu pro studovaná území byla ve všech případech provedena pomocí metody binárního vyhledávání s kalibračním kritériem NSE s využitím dvouleté warm-up periody. Warm – up perioda jsou vykopírovaná existující data, které slouží pro „zaběhnutí“ modelu tak aby na reálných pozorovaných datech už měl model odpovídající kvalitu. Pro neoptimalnější kalibraci byla provedena i kalibrace na základě diferenciální evoluce, jejíž výsledky ale byly méně kvalitní. Byly tedy vybrány výsledky, popř. sady parametrů z optimalizace binárním vyhledáváním u všech povodí. Tímto způsobem byla provedena kalibrace modelu pro všech 13 povodí a pro 5 subpovodí. Pro každou kalibraci byla uložena výstupní data modelu, optimalizované parametry modelu a vizualizace měřených a simulovaných časových řad odtoku.

Obrázek 3-1 zobrazuje výsledek kalibrace modelu na povodí 1002 (Dunaj – Hofkirchen) – konkrétně časové řady modelovaného a pozorovaného průtoku. Z grafu je patrná shoda modelu s dlouhodobým režimem povodí zejména ve středních hodnotách odtoku. Vyšší odtokové události model spíše podhodnocuje, avšak zaznamenává jejich náběhy. Suchá období má model tendenci nadhodnocovat. Tyto nepřesnosti mohou být způsobeny hornatou částí povodí, kde nedochází k infiltraci, což vnáší do modelovacího procesu nejistotu.



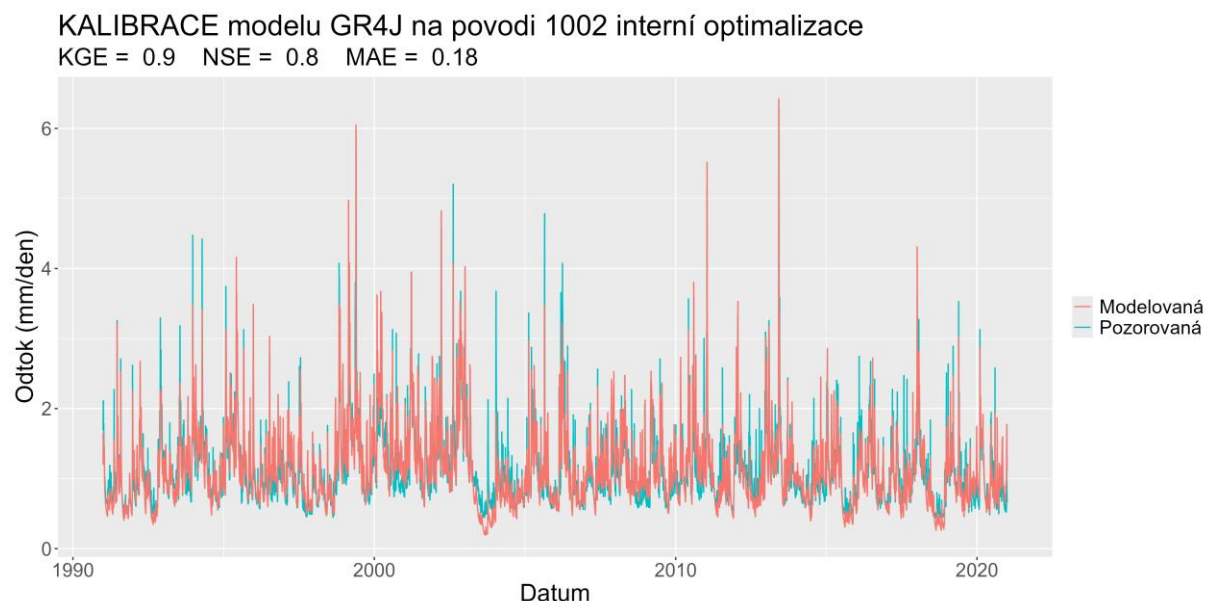
Obrázek 3-1 Kalibrace modelu BILAN na povodí 1002

Sady parametrů pro jednotlivá povodí nebo subpovodí budou použita pro nastavení modelu BILAN při predikci vodní bilance se vstupními daty z klimatických modelů.

3.1.2 GR4J

GR4J je celistvý konceptuální hydrologický model vyvinutý ve francouzském národním institutu pro výzkum v zemědělství (INRAE) v roce 2003 (Perrin et al., 2003). Model spadá do rodiny GR modelů vyvíjených na institutu INRAE a pracuje s denním časovým krokem; jeho struktura je řízena čtyřmi kalibrovatelnými parametry. Čtyřparametrový model byl vyvinut pro efektivnější simulaci nízkých průtoků zavedením perkolačního toku z produkčního (svrchního) zásobníku (Perrin et al., 2003). Pro dosažení lepších výsledků při modelování povodí, jejichž významnou část pokrývají horské oblasti, bylo použito rozšířeného modelu GR4J o model CemaNeige, jenž slouží k efektivnímu modelování sněhového režimu a tání sněhu (Corron et al., 2023).

Model GR4J byl stejně jako model BILAN aplikován pomocí statistického programovacího prostředí R a byl optimalizován pomocí vlastní kalibrační funkce (Corron et al., 2023). Kalibračním kritériem bylo v tomto případě použito Kling – Gupta Efficiency (KGE) (Gupta, et. al, 2009). Obrázek 3-2 zobrazuje časové řady modelovaného a měřeného odtoku při kalibraci modelu GR4J.



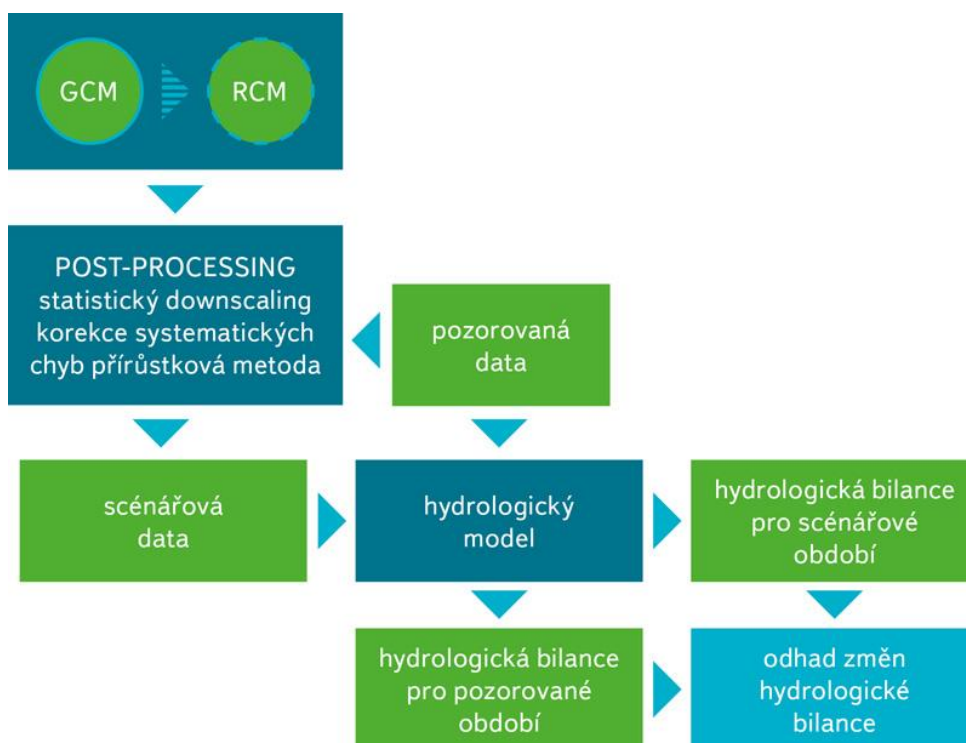
Obrázek 3-2 Kalibrace modelu GR4J na povodí 1002

Model GR4J má vlastní funkci pro warm-up periodu, která byla při kalibraci využita, ale nikoliv za použití vykopírování dat, jak tomu bylo ručně provedeno u modelu BILAN. Tuto periodu model nezahrnuje do výstupů, a proto jsou data vizualizována až od roku 1991. Z grafu je patrné, že model GR4J byl při kalibraci efektivnější, co se týče zachycení hydrologického režimu povodí. Období s nízkými průtoky jsou zachycovány přesněji stejně tak jako významné odtokové epizody. Tuto skutečnost dokládá také vysoká hodnota kalibračního kritéria KGE (0,9) a také NSE (0,8), jehož hodnota byla pouze vypočtena po kalibraci pro lepší představu o kvalitě kalibračního procesu. Kalibrace modelu GR4J byla provedena na stejných povodích, resp. subpovodích jako u modelu BILAN. Sada parametrů modelu z neúspěšnější iterace kalibračního procesu byla opět uložena a bude použita pro nastavení modelu při predikci hydrologické bilance s výhledovými klimatickými vstupy.

3.2 Hydrologické modelování změn klimatu

Postup modelování dopadu změny klimatu na hydrologický režim (Obrázek 3-3) lze stručně shrnout následovně:

Vstupní veličiny z globálního, popřípadě vnořeného regionálního klimatického modelu jsou převedeny na scénářové řady pro jednotlivá povodí (viz. kapitola 2.2) a pomocí nakalibrovaného hydrologického modelu a scénářových řad je provedena simulace hydrologické bilance pro scénářové období.



Obrázek 3-3 Schéma modelování dopadů změn na hydrologickou bilanci

3.3 Stanovení minimálního zůstatkového průtoku

Pro vyhodnocení hydrologické bilance byla vypočítána hodnota minimálního zůstatkového průtoku (MZP) pro každé zkoumané povodí. Minimální zůstatkový průtok je hodnota průtoku ve vodním toku, která je nutná pro udržení základních vodohospodářských a ekologických funkcí zejména v úsecích pod významnými odběry nebo pod vodohospodářskými díly (MŽP, 1998). V rámci této studie byly pro každé povodí vypočteny dvě hodnoty MZP, a to podle metodiky České republiky z roku 1998 (MŽP, 1998) a podle rakouské metodiky. Česká metodika vypočítává MZP podle směrných hodnot (Tabulka 3-1), kde Q_{364d} , Q_{355d} , Q_{330d} je hodnota průtoku, který byl dosažen nebo překročen průměrně 364, 355 nebo 330 dní v roce.

Tabulka 3-1: směrné hodnoty pro výpočet MZP

Průtok Q_{355d}	MZP
$< 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_{330d}
$0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d})/2$
$0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Q_{355d}
$> 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d})/2$

Rakouská metodika vypočítává hodnotu MZP jako 5% kvantil srpnového denního průměrného průtoku (informace poskytnuta MŽP ČR, zadavatelem studie). Hodnoty MZP pro jednotlivá povodí zobrazuje Tabulka 3-2.

Tabulka 3-2: Hodnoty MZP na základě dvou metodických přístupů

ID	MZP_ČR [m ³ /s]	MZP_AUT [m ³ /s]
1001	658.0	865.0
1002	275.5	270.0
1003	121.5	120.0
1004	793.8	1041.0
1005	139.5	136.0
1006	172.9	167.0
1007	789.4	1067.1
1008	803.2	1084.9
1009	61.1	80.9
1010	290.3	563.0
1011	92.2	98.2
1012	29.0	38.7
1013	14.6	14.4

4 VYHODNOCENÍ

Na základě stanovených MZP a požadavku odběru $18 + 4 \text{ m}^3/\text{s}$ byla hodnocena dostupnost vody v jednotlivých zájmových povodích se zaměřením na uvažovaný profil odběr (ID 1007), pro který jsou prezentovány výsledky.

4.1 Dopad na současné průtoky a zabezpečení

Obrázek 4-1 až Obrázek 4-4 popisují současný průtokový režim ve vybraném profilu na Dunaji a jeho sezónní variabilitu. Tyto obrázky znázorňují pravděpodobnostní čáry překročení průtoků. Výpočty byly provedeny pomocí dvou hydrologických modelů – BILAN a GR4J.

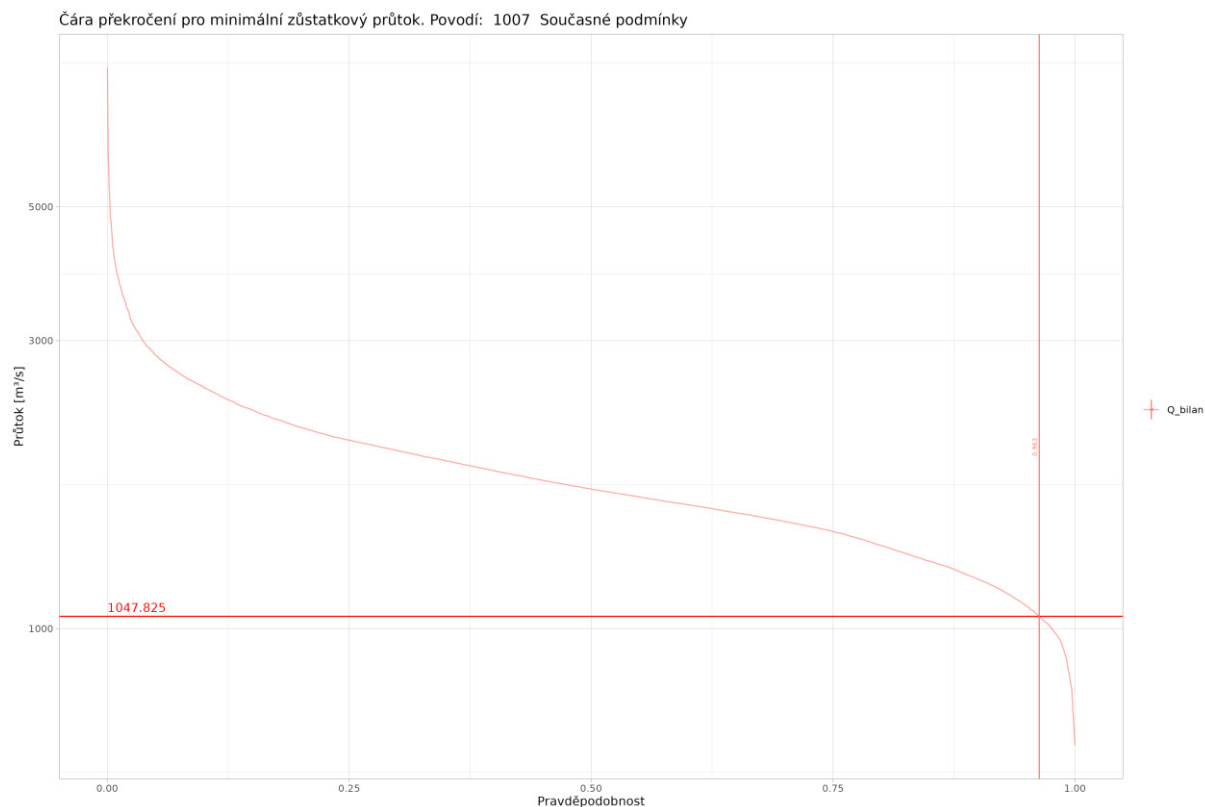
Obrázek 4-1 zachycuje čáru překročení průtoků pro současné podmínky, sestavenou na základě modelu BILAN. Graf ukazuje, s jakou pravděpodobností budou určité průtoky ve vybraném profilu překročeny. Čára má plynulý průběh, přičemž nejvyšší četnost výskytu mají střední průtoky, zatímco extrémně nízké a vysoké průtoky se vyskytují zřídka, což charakterizuje stabilní hydrologický režim v současných podmínkách.

Obdobný výstup zobrazuje Obrázek 4-3, kde je čára překročení vytvořena na základě výstupu z modelu GR4J. Průběh je zde mírně odlišný – model GR4J má větší tendenci podchytit extrémy, a proto v grafu zaznamenává vyšší frekvenci výskytu nízkých a vysokých průtoků než model BILAN.

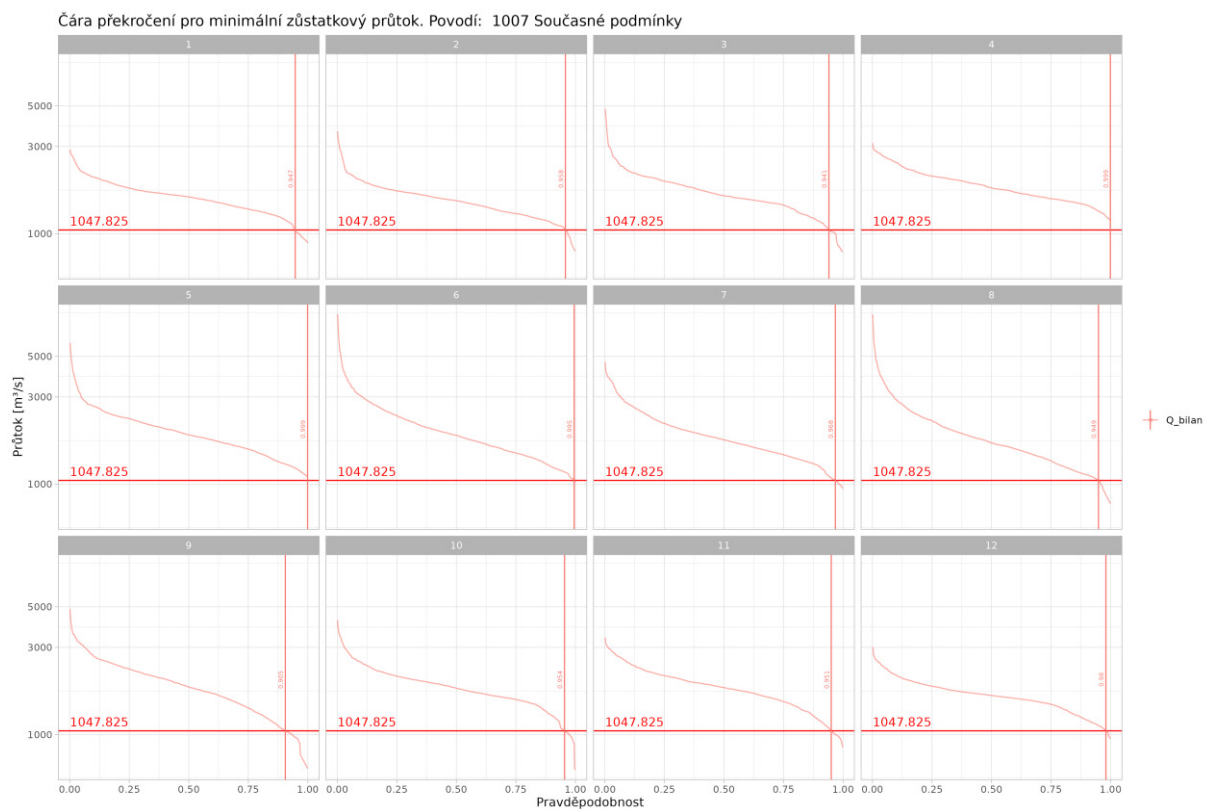
Detailnější pohled na sezónní vývoj průtoků přináší Obrázek 4-2 a Obrázek 4-4, které znázorňují čáry překročení pro jednotlivé měsíce. Obrázek 4.2 (model BILAN) ukazuje, že v zimních měsících (zejména leden až březen) jsou čáry posunuty dolů – tedy vyšší průtoky jsou méně často překračovány (povodně). Naopak v letních měsících (červenec, srpen) čáry zaklesávají dolů, což znamená vyšší pravděpodobnost výskytu nízkých průtoků.

Model GR4J, jak ukazuje Obrázek 4-4, zachycuje tento sezónní průběh ještě výrazněji. V letních měsících predikuje ještě vyšší pravděpodobnost výskytu nízkých průtoků než model BILAN. Rozdíly mezi modely reflektují jejich strukturu.

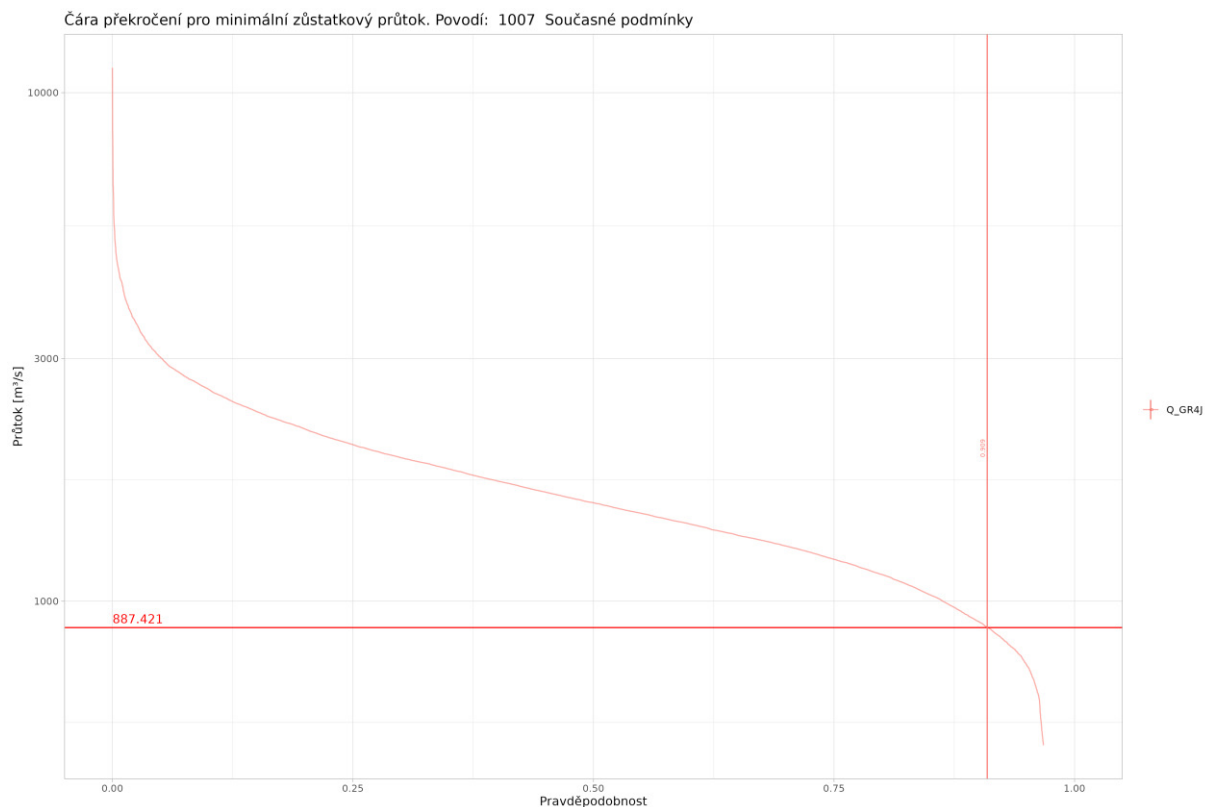
Celkově Obrázek 4-1 až Obrázek 4-4 dokumentují, že současný průtokový režim vykazuje jasný sezónní vzorec s vyššími zimními a nižšími letními průtoky. Tento poznatek je zásadní pro další analýzu dopadů klimatické změny na vodní režim v povodí Dunaje, protože změny teploty a srážek mohou tento režim výrazně ovlivnit. Zvláštní pozornost bude nutné věnovat letním měsícům, kdy se současný režim již nyní pohybuje blízko hranice zabezpečení požadovaných průtoků.



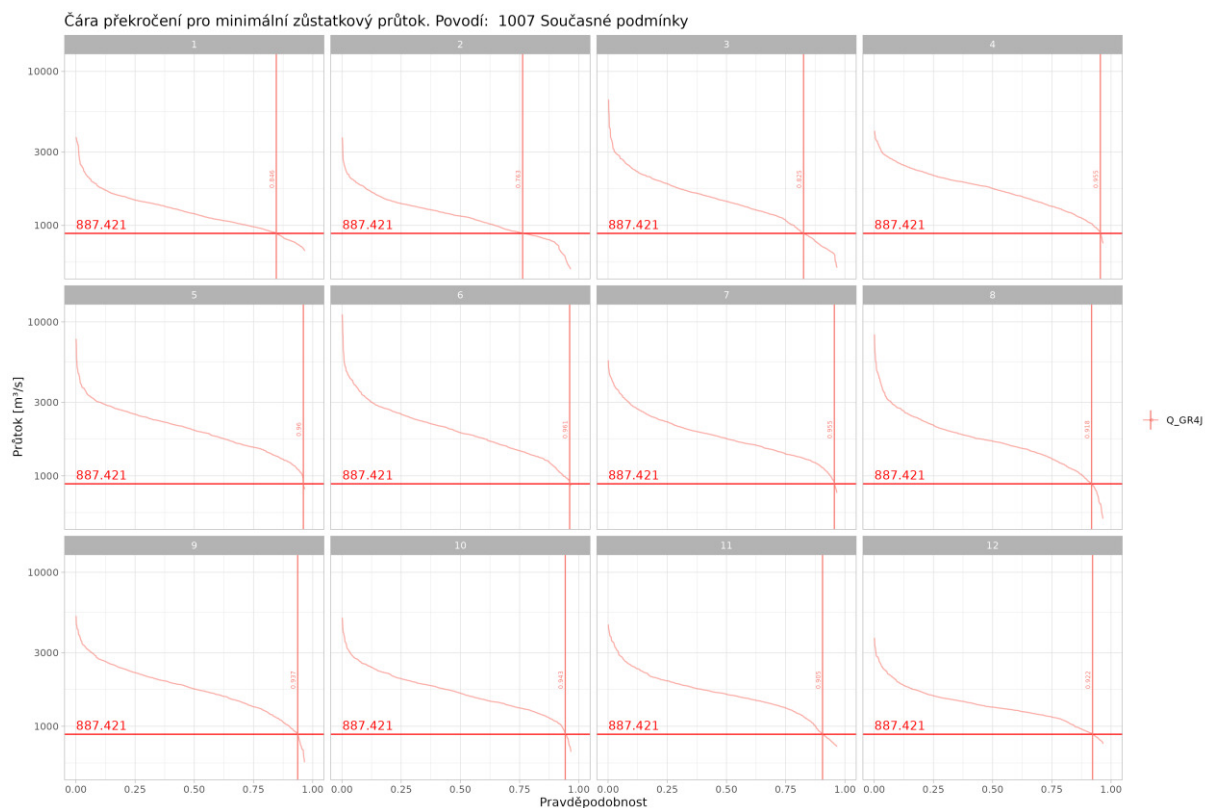
Obrázek 4-1 Čára překročení pro současné podmínky (model BILAN)



Obrázek 4-2 Čára překročení pro současné podmínky v jednotlivých měsících (model BILAN)



Obrázek 4-3 Čára překročení pro současné podmínky (model GR4J)



Obrázek 4-4 Čára překročení pro současné podmínky v jednotlivých měsících (model GR4J)

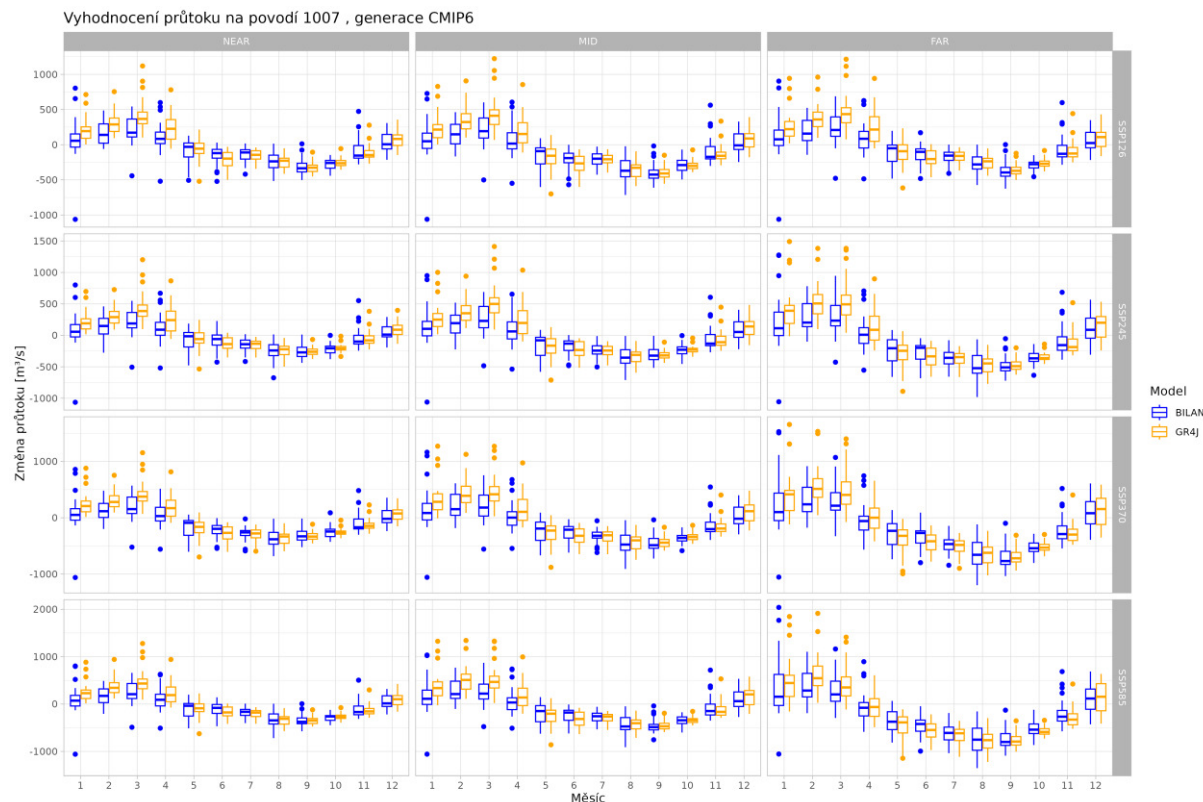
4.2 Změna průtokového režimu v budoucích obdobích

Vyhodnocení změn průtoků pro povodí 1007 bylo provedeno s využitím dvou hydrologických modelů (BILAN a GR4J) a dvou generací globálních klimatických modelů (CMIP5 a CMIP6), včetně rozdělení na tři výhledová období – NEAR (2021–2050), MID (2036–2065) a FAR (2071–2100). Výsledky jsou zobrazeny formou boxplotů (Obrázek 4-5 a Obrázek 4-6), které znázorňují měsíční změny průtoků (v m³/s) oproti referenčnímu období (současnost).

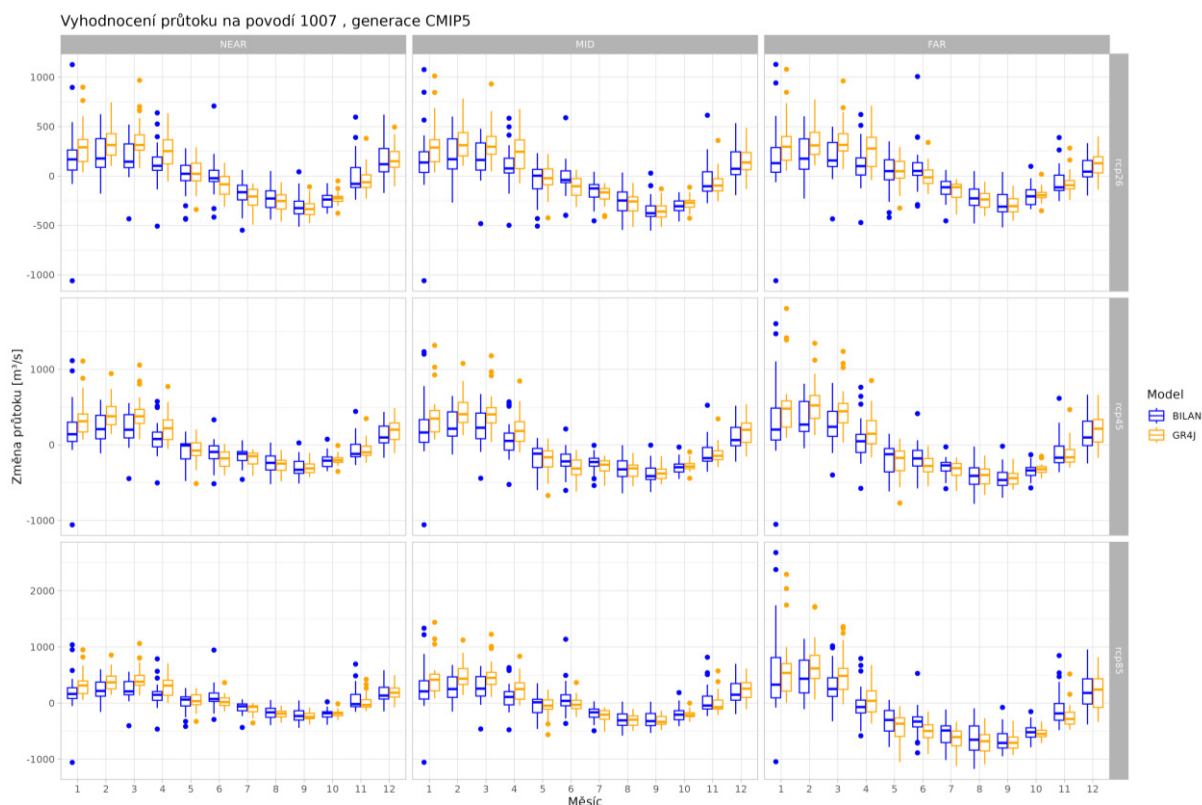
Ve většině scénářů je patrný sezónní vzorec, kdy se v zimních měsících (leden–březen) očekává mírný nárůst průtoků, zatímco v letních měsících (červen–září) dochází naopak k poklesu. Nejvýraznější poklesy jsou zaznamenány v období MID a FAR, a to zejména v červenci a srpnu. Model GR4J má tendenci predikovat mírně vyšší odtoky než model BILAN v chladnější části roku.

Predikce ukazují podobný sezónní charakter, ale s větší variabilitou a celkově mírně vyššími změnami v absolutních hodnotách – pozitivní i negativní. Pro modely GR4J i BILAN lze pozorovat konzistentní pokles odtoků v letním období a zvýšení v zimních měsících. Rozptyl hodnot je ve srovnání s CMIP6 větší, což odráží větší nejistotu klimatických modelů CMIP5.

Celkově lze shrnout, že v obou generacích klimatických modelů dochází k podobnému trendu změn – pokles průtoků v teplejší části roku a jejich navýšení v zimních měsících, což odpovídá změnám srážek a zvýšené evapotranspiraci v důsledku rostoucích teplot.



Obrázek 4-5 Změny průtoků v jednotlivých měsících pro simulace CMIP6



Obrázek 4-6 Změny průtoků v jednotlivých měsících pro simulace CMIP5

4.3 Riziko nedodržení minimálního zůstatkového průtoku (MZP)

Hodnocení pravděpodobnosti dosažení minimálního zůstatkového průtoku (MZP) bylo provedeno pro oba hydrologické modely a obě generace klimatických modelů. MZP byl stanoven na základě české i rakouské metodiky, a pro povodí 1007 byly stanoveny hodnoty (dle pozorovaných dat, pro posouzení byly odvozeny hodnoty na základě simulací hydrologických modelů, tyto hodnoty jsou uvedeny v grafech jako horizontální červené čáry ve výstupních grafech pravděpodobnostních křivek):

- MZP ID 1007 (dle ČR): 789,4 m³/s,
- MZP ID 1007 (dle Rakouska): 1067,1 m³/s.

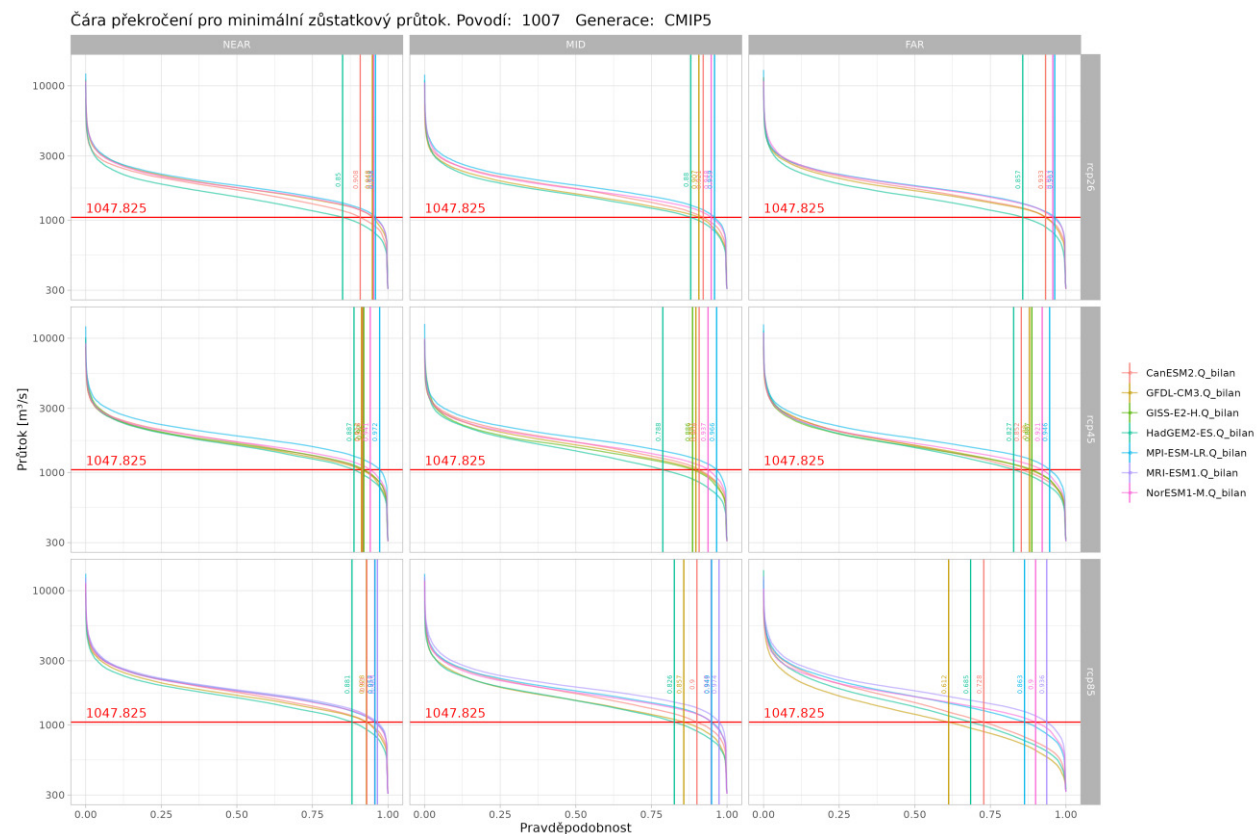
V Tabulka 4-1 jsou uvedeny hodnoty zabezpečení pro současné podmínky v jednotlivých měsících pro oba hydrologické modely. Vyplývá z ní, že současné hodnoty jsou na vysoké úrovni a nízké jsou pouze na horských povodích s jiným hydrologickým režimem.

Tabulka 4-1 Zabezpečení pro současné podmínky

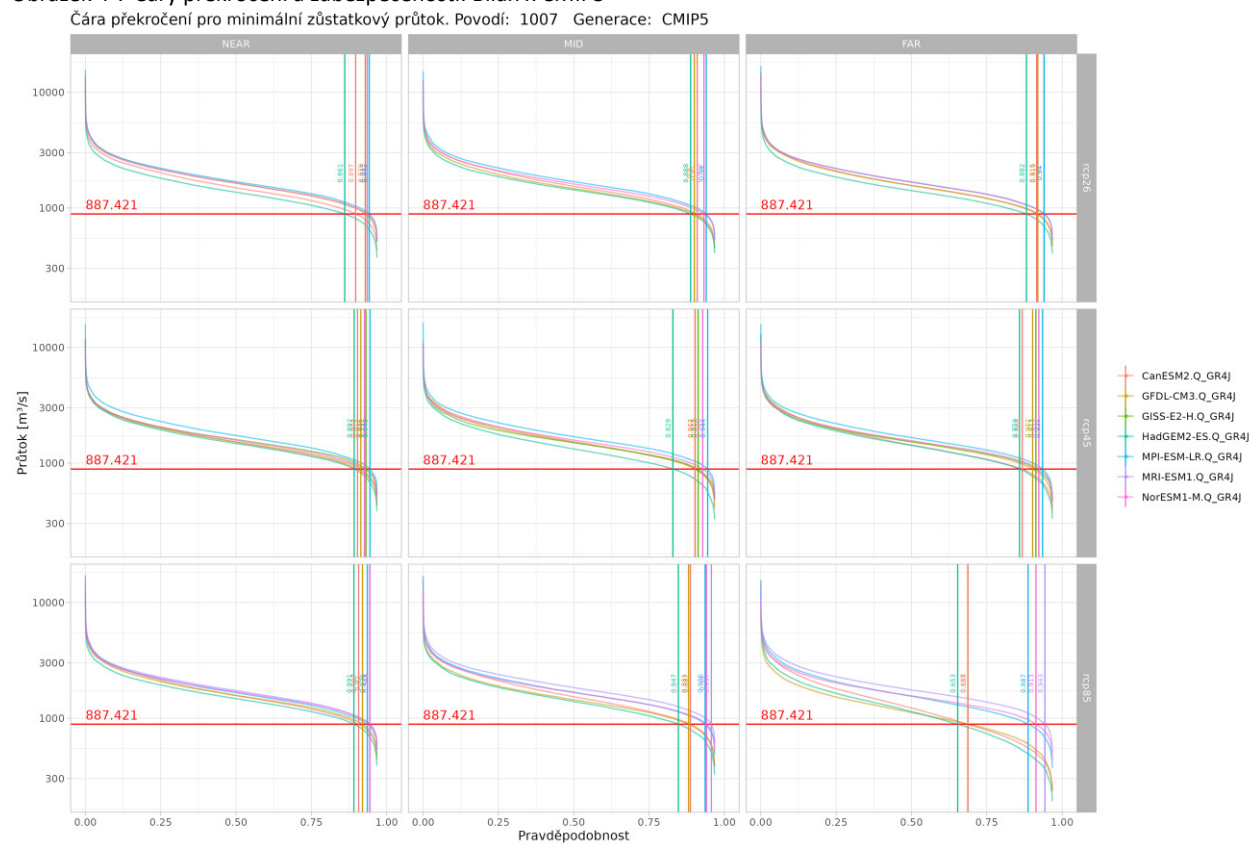
Model	ID povodí												
	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
1_Q_GR4J	0.96	1	1	0.94	1	1	0.87	0.89	0.25	0.18	0.97	0.35	1
2_Q_GR4J	0.97	1	1	0.9	1	1	0.79	0.83	0.25	0.07	0.96	0.2	1
3_Q_GR4J	0.96	1	1	0.93	1	1	0.85	0.86	0.76	0.45	0.99	0.5	1
4_Q_GR4J	1	1	1	1	1	1	0.99	0.99	0.99	0.89	0.99	0.92	1
5_Q_GR4J	1	1	1	1	1	1	0.99	0.99	1	0.99	0.99	0.99	1
6_Q_GR4J	1	1	1	1	1	1	0.99	0.99	0.99	1	0.99	0.99	1
7_Q_GR4J	1	1	1	0.99	1	1	0.99	0.99	0.98	0.99	0.98	0.98	1
8_Q_GR4J	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
9_Q_GR4J	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.96	0.97	0.97	0.99	0.98	0.97	0.95	0.92
10_Q_GR4J	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.98	0.98	0.97	0.98	0.96	0.93
11_Q_GR4J	0.97	0.97	0.98	0.96	0.98	0.97	0.94	0.94	0.92	0.89	0.94	0.86	0.93
12_Q_GR4J	1	1	1	0.99	1	1	0.95	0.96	0.61	0.56	0.96	0.56	0.98
1_Q_bilan	1	1	1	0.97	1	1	0.95	0.95	0.49	0.29	1	0.75	1
2_Q_bilan	0.97	1	1	0.98	1	1	0.96	0.97	0.46	0.15	1	0.64	1
3_Q_bilan	1	1	1	0.97	1	1	0.94	0.97	0.81	0.44	1	0.78	1
4_Q_bilan	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.87	1	1	1
5_Q_bilan	1	1	1	1	1	1	1	1	0.99	0.95	1	0.96	1
6_Q_bilan	1	1	1	1	1	1	0.99	1	0.97	0.92	0.99	0.95	1
7_Q_bilan	1	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.97	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.99
8_Q_bilan	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
9_Q_bilan	0.95	0.84	0.89	0.97	0.84	0.86	0.91	0.95	0.98	0.96	0.94	0.96	0.81
10_Q_bilan	0.98	0.9	0.98	0.98	0.9	0.84	0.95	0.98	1	0.97	0.98	0.99	0.75
11_Q_bilan	1	0.95	0.97	0.99	0.95	0.9	0.95	0.98	0.96	0.87	0.97	0.91	0.86
12_Q_bilan	1	1	1	1	1	1	0.98	0.99	0.81	0.6	0.99	0.85	0.96

Z průběhu křivek pravděpodobnosti (čar překroční) pro jednotlivé modely (Obrázek 4-7 a Obrázek 4-10) je zřejmé, že v pozdějších obdobích (MID a FAR) narůstá pravděpodobnost poklesu průtoků pod úroveň MZP. U některých modelů je průsečík křivky s hodnotou MZP posunut směrem k vyšší pravděpodobnosti výskytu, což naznačuje častější výskyt nízkých průtoků. Model GR4J predikuje o něco nižší průtoky než BILAN, což může vést k častějšímu překračování prahových hodnot.

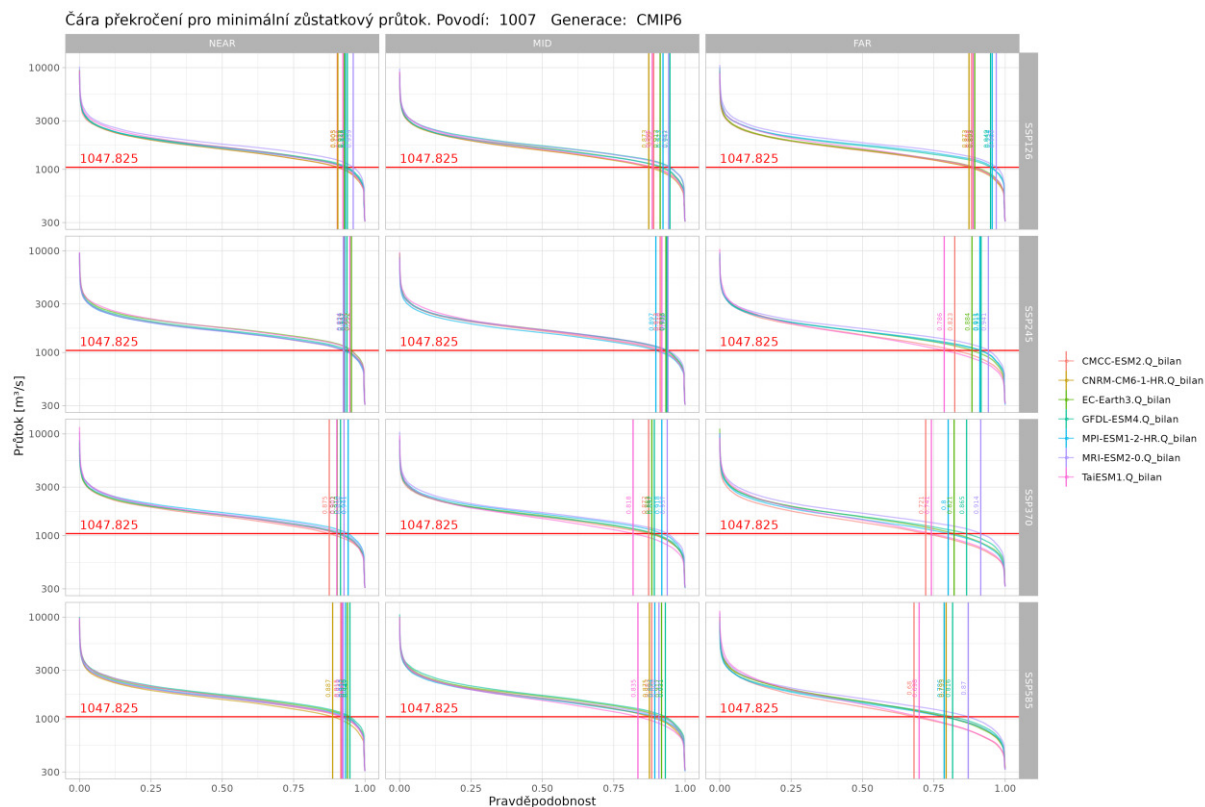
U novější generace modelů (CMIP6) je vývoj obdobný, ale křivky jsou obecně strmější a jejich průsečíky s čarami MZP se pohybují v rozmezí 80–95 % pravděpodobnosti. V období FAR je u několika modelů překračování hodnot MZP častější. Model GR4J predikuje v některých případech mírně příznivější hodnoty v letních měsících, ale obecně rozdíly oproti BILAN nejsou zásadní.



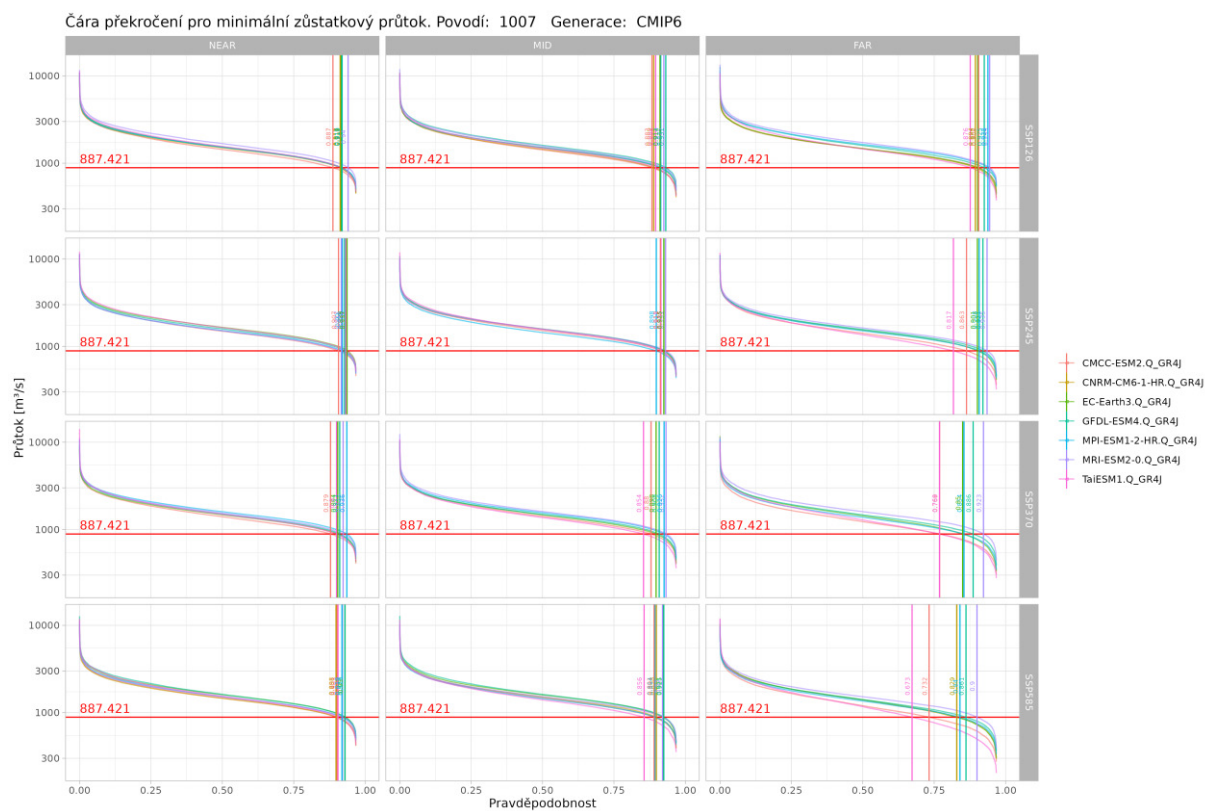
Obrázek 4-7 Čáry překročení a zabezpečnosti: Bilan x CMIP5



Obrázek 4-8 Čáry překročení a zabezpečnosti: GR4J x CMIP5



Obrázek 4-9 Čáry překročení a zabezpečení: Bilan x CMIP6



Obrázek 4-10 Čáry překročení a zabezpečení: GR4J x CMIP6

Výsledky modelových simulací hydrologické bilance, shrnuté Tabulka 4-2 až Tabulka 4-7, ukazují vývoj zabezpečení minimálního zůstatkového průtoku (MZP) v jednotlivých povodích ve třech výhledových obdobích – NEAR (2021–2050), MID (2036–2065) a FAR (2071–2100).

Ve výhledu NEAR vykazují výsledky vysokou úroveň zabezpečení MZP napříč většiny povodí. Hodnoty zabezpečení dosahují běžně nad 90 %, což znamená, že pravděpodobnost udržení požadovaného minimálního průtoku je velmi vysoká. Model BILAN obecně predikuje vyšší zabezpečení, zatímco model GR4J vykazuje v některých případech nižší hodnoty – například pro povodí 1007 (profil odběru), kde se zabezpečení u některých běhů pohybuje kolem 85 %.

Ve středním výhledu (MID) začíná být patrný pokles hodnot zabezpečení. U několika povodí a scénářů model GR4J ukazuje zabezpečení již pod 80 %, což signalizuje zvyšující se riziko, že v daném období nebude MZP zajištěn. Model BILAN i nadále udržuje relativně vyšší zabezpečení (většinou nad 85 %), nicméně pokles oproti období NEAR je patrný.

V dlouhodobém výhledu (FAR) je trend poklesu zabezpečení ještě výraznější. Některé simulace provedené pomocí modelu GR4J vykazují hodnoty zabezpečení MZP pod 70 %, což představuje vysoké riziko častého porušení minimálních průtokových podmínek. I model BILAN ukazuje v několika případech pokles na hodnoty mezi 75–85 %, a tedy sníženou pravděpodobnost, že bude MZP v budoucnu spolehlivě dodržen.

Celkově lze shrnout, že hodnoty zabezpečení MZP s časem klesají, přičemž vyšší hodnoty (blíží se 100 %) znamenají vyšší pravděpodobnost, že bude minimální zůstatkový průtok dodržen. Naopak hodnoty pod 80 % indikují zvýšené riziko, že v určitém období dojde k překročení ekologicky kritické hranice. Výsledky rovněž potvrzují, že model GR4J je citlivější na simulaci extrémně nízkých průtoků, a proto vykazuje nižší zabezpečení než model BILAN.

Zjištěné trendy naznačují, že do budoucna bude nutné zohlednit pokles zabezpečení při plánování odběrů z Dunaje, především v letních obdobích.

Tabulka 4-2 Hodnoty zabezpečení pro periodu NEAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (BILAN)

PER: NEAR | Model: Q_bilan

model	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
CMCC-ESM2_SSP126_CMIP6	0.98	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.9	0.92	0.85	0.77	0.97	0.92	0.88
CMCC-ESM2_SSP245_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.94	0.94	0.93	0.94	0.87	0.79	0.98	0.92	0.88
CMCC-ESM2_SSP370_CMIP6	0.97	0.93	0.93	0.94	0.91	0.9	0.87	0.9	0.86	0.77	0.96	0.92	0.86
CMCC-ESM2_SSP585_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.96	0.93	0.92	0.92	0.93	0.87	0.81	0.97	0.92	0.86
CNRM-CM6-1-HR_SSP126_CMIP6	0.98	0.93	0.93	0.96	0.91	0.91	0.9	0.93	0.92	0.85	0.97	0.93	0.86
CNRM-CM6-1-HR_SSP585_CMIP6	0.96	0.93	0.93	0.95	0.92	0.91	0.89	0.92	0.9	0.82	0.96	0.93	0.84
CanESM2_rcp26_CMIP5	0.97	0.93	0.94	0.95	0.91	0.92	0.91	0.93	0.9	0.78	0.97	0.92	0.87
CanESM2_rcp45_CMIP5	0.98	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95	0.92	0.94	0.9	0.8	0.98	0.93	0.9
CanESM2_rcp85_CMIP5	0.98	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.93	0.95	0.9	0.82	0.98	0.92	0.9
EC-Earth3_SSP126_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.97	0.93	0.93	0.93	0.94	0.89	0.83	0.98	0.94	0.86
EC-Earth3_SSP245_CMIP6	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.96	0.95	0.96	0.91	0.85	0.99	0.95	0.89
EC-Earth3_SSP370_CMIP6	0.98	0.94	0.96	0.96	0.94	0.93	0.9	0.93	0.88	0.81	0.97	0.94	0.9
EC-Earth3_SSP585_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.95	0.94	0.94	0.95	0.91	0.88	0.98	0.95	0.86
GFDL-CM3_rcp26_CMIP5	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.95	0.88	0.82	0.98	0.93	0.91
GFDL-CM3_rcp45_CMIP5	0.98	0.95	0.94	0.96	0.93	0.92	0.91	0.93	0.86	0.81	0.97	0.93	0.87
GFDL-CM3_rcp85_CMIP5	0.98	0.96	0.96	0.97	0.95	0.94	0.93	0.94	0.87	0.83	0.98	0.92	0.89
GFDL-ESM4_SSP126_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.94	0.94	0.94	0.95	0.9	0.81	0.98	0.92	0.87
GFDL-ESM4_SSP245_CMIP6	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.95	0.94	0.95	0.92	0.83	0.98	0.93	0.89
GFDL-ESM4_SSP370_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.96	0.93	0.91	0.91	0.94	0.91	0.82	0.97	0.92	0.86
GFDL-ESM4_SSP585_CMIP6	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.96	0.95	0.96	0.91	0.84	0.99	0.94	0.88
GISS-E2-H_rcp45_CMIP5	0.99	0.96	0.97	0.97	0.96	0.95	0.92	0.94	0.95	0.84	0.99	0.96	0.94
HadGEM2-ES_rcp26_CMIP5	0.96	0.9	0.93	0.92	0.89	0.88	0.85	0.88	0.87	0.83	0.96	0.93	0.84
HadGEM2-ES_rcp45_CMIP5	0.96	0.93	0.93	0.94	0.92	0.91	0.89	0.91	0.88	0.84	0.96	0.93	0.88
HadGEM2-ES_rcp85_CMIP5	0.96	0.92	0.93	0.94	0.89	0.89	0.88	0.91	0.89	0.86	0.96	0.94	0.86
MPI-ESM-LR_rcp26_CMIP5	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.96	0.96	0.97	0.92	0.86	0.99	0.95	0.9
MPI-ESM-LR_rcp45_CMIP5	0.99	0.98	0.98	0.99	0.97	0.98	0.97	0.98	0.91	0.85	0.99	0.95	0.92
MPI-ESM-LR_rcp85_CMIP5	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.97	0.89	0.82	0.99	0.94	0.91
MPI-ESM1-2-HR_SSP126_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.94	0.94	0.93	0.94	0.88	0.79	0.98	0.93	0.89
MPI-ESM1-2-HR_SSP245_CMIP6	0.98	0.95	0.97	0.97	0.95	0.93	0.93	0.94	0.88	0.81	0.98	0.94	0.88
MPI-ESM1-2-HR_SSP370_CMIP6	0.99	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.94	0.95	0.9	0.84	0.99	0.95	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP585_CMIP6	0.98	0.96	0.96	0.97	0.95	0.95	0.93	0.95	0.88	0.82	0.98	0.92	0.89
MRI-ESM1_rcp85_CMIP5	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.96	0.98	0.92	0.82	0.99	0.95	0.93
MRI-ESM2-0_SSP126_CMIP6	0.99	0.96	0.98	0.98	0.96	0.96	0.96	0.97	0.93	0.84	0.99	0.94	0.89
MRI-ESM2-0_SSP245_CMIP6	0.98	0.93	0.96	0.97	0.93	0.91	0.92	0.95	0.92	0.82	0.98	0.93	0.86
MRI-ESM2-0_SSP370_CMIP6	0.98	0.94	0.96	0.97	0.93	0.91	0.93	0.94	0.93	0.83	0.98	0.93	0.86
MRI-ESM2-0_SSP585_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.93	0.92	0.92	0.95	0.93	0.86	0.98	0.93	0.87
NorESM1-M_rcp26_CMIP5	0.99	0.96	0.98	0.98	0.96	0.96	0.95	0.96	0.91	0.81	0.99	0.94	0.93
NorESM1-M_rcp45_CMIP5	0.98	0.95	0.97	0.97	0.95	0.94	0.94	0.95	0.9	0.81	0.98	0.94	0.9
NorESM1-M_rcp85_CMIP5	0.99	0.97	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.97	0.9	0.84	0.99	0.95	0.92
TaiESM1_SSP126_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.96	0.93	0.91	0.92	0.94	0.9	0.86	0.98	0.94	0.85
TaiESM1_SSP245_CMIP6	0.99	0.97	0.98	0.98	0.96	0.96	0.95	0.96	0.91	0.86	0.99	0.95	0.89
TaiESM1_SSP370_CMIP6	0.97	0.93	0.94	0.95	0.9	0.9	0.9	0.93	0.89	0.85	0.97	0.93	0.86
TaiESM1_SSP585_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.96	0.92	0.92	0.92	0.94	0.9	0.86	0.98	0.94	0.86

Tabulka 4-3 Hodnoty zabezpečení pro periodu NEAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (GR4J)

PER: NEAR Model: Q_GR4J													
model	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
CMCC-ESM2_SSP126_CMIP6	0.94	0.94	0.94	0.91	0.94	0.94	0.89	0.89	0.78	0.75	0.94	0.81	0.91
CMCC-ESM2_SSP245_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.95	0.91	0.91	0.8	0.77	0.95	0.83	0.92
CMCC-ESM2_SSP370_CMIP6	0.94	0.93	0.94	0.91	0.93	0.93	0.88	0.88	0.79	0.76	0.93	0.82	0.9
CMCC-ESM2_SSP585_CMIP6	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.8	0.79	0.94	0.83	0.91
CNRM-CM6-1-HR_SSP126_CMIP6	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.91	0.91	0.87	0.83	0.94	0.86	0.92
CNRM-CM6-1-HR_SSP585_CMIP6	0.93	0.93	0.94	0.92	0.94	0.93	0.9	0.9	0.85	0.81	0.93	0.86	0.91
CanESM2_rcp26_CMIP5	0.94	0.93	0.94	0.91	0.93	0.93	0.9	0.9	0.84	0.76	0.93	0.84	0.89
CanESM2_rcp45_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.9	0.91	0.85	0.78	0.94	0.85	0.91
CanESM2_rcp85_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.91	0.91	0.84	0.79	0.94	0.85	0.91
EC-Earth3_SSP126_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.93	0.94	0.94	0.92	0.91	0.83	0.81	0.95	0.87	0.92
EC-Earth3_SSP245_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.85	0.84	0.96	0.88	0.92
EC-Earth3_SSP370_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.92	0.95	0.94	0.9	0.91	0.82	0.8	0.94	0.86	0.92
EC-Earth3_SSP585_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.93	0.93	0.86	0.85	0.95	0.88	0.91
GFDL-CM3_rcp26_CMIP5	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.81	0.8	0.95	0.84	0.93
GFDL-CM3_rcp45_CMIP5	0.95	0.94	0.95	0.93	0.95	0.94	0.91	0.91	0.82	0.81	0.95	0.86	0.92
GFDL-CM3_rcp85_CMIP5	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.94	0.92	0.92	0.83	0.81	0.94	0.85	0.92
GFDL-ESM4_SSP126_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.93	0.95	0.94	0.92	0.92	0.82	0.8	0.95	0.83	0.92
GFDL-ESM4_SSP245_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.86	0.82	0.95	0.85	0.93
GFDL-ESM4_SSP370_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.93	0.94	0.94	0.91	0.92	0.86	0.82	0.94	0.83	0.92
GFDL-ESM4_SSP585_CMIP6	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.84	0.82	0.95	0.86	0.92
GISS-E2-H_rcp45_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	0.93	0.93	0.91	0.86	0.96	0.92	0.95
HadGEM2-ES_rcp26_CMIP5	0.92	0.92	0.93	0.89	0.93	0.92	0.86	0.86	0.82	0.81	0.93	0.86	0.89
HadGEM2-ES_rcp45_CMIP5	0.93	0.93	0.93	0.91	0.93	0.93	0.89	0.89	0.83	0.81	0.93	0.87	0.92
HadGEM2-ES_rcp85_CMIP5	0.93	0.92	0.93	0.91	0.93	0.92	0.89	0.89	0.85	0.84	0.93	0.87	0.91
MPI-ESM-LR_rcp26_CMIP5	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.95	0.85	0.84	0.96	0.87	0.93
MPI-ESM-LR_rcp45_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94	0.95	0.83	0.82	0.96	0.86	0.93
MPI-ESM-LR_rcp85_CMIP5	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.81	0.8	0.96	0.85	0.93
MPI-ESM1-2-HR_SSP126_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.92	0.81	0.79	0.95	0.84	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP245_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.92	0.92	0.82	0.79	0.95	0.85	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP370_CMIP6	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.85	0.83	0.96	0.87	0.93
MPI-ESM1-2-HR_SSP585_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.92	0.82	0.8	0.95	0.84	0.93
MRI-ESM1_rcp85_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94	0.95	0.84	0.82	0.96	0.86	0.94
MRI-ESM2-0_SSP126_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.85	0.82	0.96	0.86	0.93
MRI-ESM2-0_SSP245_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.93	0.95	0.94	0.92	0.92	0.84	0.81	0.95	0.84	0.92
MRI-ESM2-0_SSP370_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.93	0.86	0.82	0.95	0.84	0.92
MRI-ESM2-0_SSP585_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.93	0.86	0.84	0.95	0.86	0.93
NorESM1-M_rcp26_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94	0.93	0.83	0.8	0.96	0.85	0.94
NorESM1-M_rcp45_CMIP5	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.83	0.8	0.96	0.85	0.93
NorESM1-M_rcp85_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94	0.94	0.85	0.83	0.96	0.88	0.93
TaiESM1_SSP126_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.93	0.94	0.94	0.92	0.92	0.85	0.83	0.95	0.87	0.9
TaiESM1_SSP245_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.86	0.83	0.95	0.87	0.92
TaiESM1_SSP370_CMIP6	0.93	0.93	0.94	0.92	0.93	0.93	0.9	0.9	0.84	0.82	0.94	0.85	0.91
TaiESM1_SSP585_CMIP6	0.94	0.93	0.94	0.92	0.93	0.93	0.9	0.9	0.85	0.82	0.94	0.87	0.9

Tabulka 4-4 Hodnoty zabezpečení pro periodu MID, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (BILAN)

PER: MID | Model: Q_bilan

model	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
CMCC-ESM2_SSP126_CMIP6	0.97	0.94	0.94	0.95	0.93	0.91	0.89	0.91	0.87	0.77	0.96	0.91	0.86
CMCC-ESM2_SSP245_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.96	0.94	0.94	0.91	0.93	0.9	0.83	0.98	0.94	0.86
CMCC-ESM2_SSP370_CMIP6	0.97	0.91	0.92	0.94	0.89	0.88	0.87	0.9	0.89	0.83	0.96	0.94	0.82
CMCC-ESM2_SSP585_CMIP6	0.97	0.94	0.94	0.95	0.93	0.92	0.88	0.91	0.87	0.86	0.97	0.94	0.86
CNRM-CM6-1-HR_SSP126_CMIP6	0.96	0.91	0.92	0.94	0.89	0.89	0.87	0.91	0.92	0.84	0.96	0.92	0.86
CNRM-CM6-1-HR_SSP585_CMIP6	0.96	0.92	0.93	0.95	0.91	0.9	0.87	0.91	0.93	0.87	0.96	0.93	0.84
CanESM2_rcp26_CMIP5	0.98	0.94	0.95	0.96	0.93	0.94	0.92	0.94	0.92	0.81	0.98	0.93	0.89
CanESM2_rcp45_CMIP5	0.98	0.95	0.96	0.95	0.95	0.94	0.91	0.93	0.9	0.83	0.98	0.93	0.9
CanESM2_rcp85_CMIP5	0.98	0.95	0.96	0.95	0.94	0.95	0.9	0.93	0.91	0.86	0.98	0.92	0.9
EC-Earth3_SSP126_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.96	0.94	0.94	0.91	0.94	0.88	0.82	0.98	0.94	0.88
EC-Earth3_SSP245_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.97	0.94	0.93	0.93	0.95	0.9	0.86	0.98	0.95	0.88
EC-Earth3_SSP370_CMIP6	0.97	0.93	0.95	0.95	0.93	0.92	0.88	0.92	0.89	0.83	0.97	0.93	0.87
EC-Earth3_SSP585_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.94	0.94	0.92	0.94	0.93	0.89	0.98	0.94	0.87
GFDL-CM3_rcp26_CMIP5	0.97	0.94	0.93	0.96	0.92	0.92	0.91	0.93	0.84	0.78	0.97	0.91	0.87
GFDL-CM3_rcp45_CMIP5	0.97	0.94	0.94	0.95	0.92	0.92	0.9	0.92	0.87	0.83	0.97	0.94	0.88
GFDL-CM3_rcp85_CMIP5	0.96	0.93	0.94	0.94	0.92	0.91	0.86	0.89	0.82	0.78	0.96	0.9	0.87
GFDL-ESM4_SSP126_CMIP6	0.99	0.97	0.98	0.98	0.96	0.95	0.95	0.96	0.91	0.83	0.99	0.94	0.88
GFDL-ESM4_SSP245_CMIP6	0.99	0.96	0.97	0.97	0.96	0.94	0.94	0.95	0.93	0.86	0.98	0.94	0.87
GFDL-ESM4_SSP370_CMIP6	0.97	0.94	0.94	0.95	0.92	0.9	0.89	0.92	0.93	0.83	0.97	0.92	0.86
GFDL-ESM4_SSP585_CMIP6	0.99	0.96	0.97	0.97	0.95	0.95	0.93	0.95	0.94	0.87	0.98	0.94	0.89
GISS-E2-H_rcp45_CMIP5	0.98	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.89	0.92	0.9	0.78	0.98	0.93	0.92
HadGEM2-ES_rcp26_CMIP5	0.97	0.93	0.94	0.94	0.93	0.9	0.88	0.9	0.89	0.82	0.96	0.94	0.85
HadGEM2-ES_rcp45_CMIP5	0.93	0.87	0.88	0.9	0.85	0.85	0.79	0.84	0.86	0.79	0.92	0.9	0.85
HadGEM2-ES_rcp85_CMIP5	0.95	0.89	0.91	0.92	0.88	0.87	0.83	0.87	0.89	0.83	0.95	0.92	0.86
MPI-ESM-LR_rcp26_CMIP5	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.96	0.96	0.97	0.93	0.87	0.99	0.95	0.89
MPI-ESM-LR_rcp45_CMIP5	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.96	0.97	0.97	0.92	0.87	0.99	0.95	0.9
MPI-ESM-LR_rcp85_CMIP5	0.99	0.97	0.98	0.98	0.96	0.97	0.95	0.96	0.93	0.88	0.99	0.96	0.9
MPI-ESM1-2-HR_SSP126_CMIP6	0.98	0.94	0.96	0.96	0.94	0.93	0.92	0.94	0.89	0.79	0.98	0.93	0.88
MPI-ESM1-2-HR_SSP245_CMIP6	0.98	0.95	0.95	0.95	0.93	0.93	0.9	0.92	0.88	0.79	0.97	0.92	0.89
MPI-ESM1-2-HR_SSP370_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.94	0.94	0.92	0.94	0.91	0.84	0.98	0.94	0.87
MPI-ESM1-2-HR_SSP585_CMIP6	0.97	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.89	0.92	0.89	0.81	0.97	0.92	0.88
MRI-ESM1_rcp85_CMIP5	0.99	0.98	0.98	0.99	0.98	0.98	0.97	0.98	0.94	0.86	0.99	0.95	0.94
MRI-ESM2-0_SSP126_CMIP6	0.98	0.95	0.97	0.98	0.95	0.94	0.94	0.96	0.93	0.84	0.98	0.94	0.87
MRI-ESM2-0_SSP245_CMIP6	0.99	0.95	0.97	0.98	0.95	0.94	0.94	0.96	0.93	0.85	0.98	0.94	0.86
MRI-ESM2-0_SSP370_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.98	0.94	0.92	0.94	0.95	0.94	0.87	0.98	0.94	0.88
MRI-ESM2-0_SSP585_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.97	0.93	0.9	0.91	0.93	0.93	0.87	0.98	0.94	0.84
NorESM1-M_rcp26_CMIP5	0.99	0.96	0.98	0.98	0.96	0.96	0.95	0.96	0.9	0.82	0.99	0.94	0.91
NorESM1-M_rcp45_CMIP5	0.98	0.94	0.96	0.97	0.94	0.93	0.94	0.95	0.9	0.82	0.98	0.94	0.9
NorESM1-M_rcp85_CMIP5	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.96	0.95	0.96	0.9	0.85	0.99	0.95	0.93
TaiESM1_SSP126_CMIP6	0.97	0.91	0.94	0.95	0.91	0.88	0.88	0.92	0.88	0.84	0.96	0.94	0.83
TaiESM1_SSP245_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.93	0.92	0.92	0.94	0.9	0.87	0.98	0.94	0.84
TaiESM1_SSP370_CMIP6	0.96	0.9	0.93	0.92	0.88	0.88	0.82	0.87	0.85	0.83	0.96	0.92	0.84
TaiESM1_SSP585_CMIP6	0.95	0.9	0.93	0.93	0.88	0.89	0.83	0.88	0.85	0.82	0.96	0.91	0.83

Tabulka 4-5 Hodnoty zabezpečení pro periodu MID, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (GR4J)

PER: MID Model: Q_GR4J													
model	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
CMCC-ESM2_SSP126_CMIP6	0.93	0.94	0.94	0.91	0.94	0.93	0.88	0.89	0.81	0.76	0.93	0.83	0.91
CMCC-ESM2_SSP245_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.93	0.95	0.94	0.91	0.91	0.84	0.81	0.95	0.86	0.91
CMCC-ESM2_SSP370_CMIP6	0.93	0.92	0.93	0.9	0.93	0.92	0.88	0.88	0.84	0.81	0.93	0.86	0.89
CMCC-ESM2_SSP585_CMIP6	0.93	0.93	0.94	0.91	0.94	0.93	0.89	0.89	0.83	0.83	0.94	0.87	0.89
CNRM-CM6-1-HR_SSP126_CMIP6	0.93	0.93	0.93	0.91	0.93	0.93	0.89	0.89	0.88	0.83	0.94	0.86	0.92
CNRM-CM6-1-HR_SSP585_CMIP6	0.93	0.93	0.93	0.91	0.93	0.93	0.9	0.9	0.9	0.86	0.93	0.89	0.9
CanESM2_rcp26_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.91	0.91	0.86	0.77	0.94	0.85	0.89
CanESM2_rcp45_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.86	0.8	0.94	0.86	0.91
CanESM2_rcp85_CMIP5	0.93	0.93	0.93	0.9	0.93	0.93	0.89	0.89	0.87	0.82	0.93	0.86	0.89
EC-Earth3_SSP126_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.95	0.91	0.91	0.83	0.8	0.94	0.87	0.92
EC-Earth3_SSP245_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.93	0.86	0.84	0.95	0.88	0.92
EC-Earth3_SSP370_CMIP6	0.94	0.93	0.95	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.85	0.82	0.93	0.87	0.91
EC-Earth3_SSP585_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.93	0.94	0.94	0.92	0.92	0.9	0.88	0.95	0.9	0.9
GFDL-CM3_rcp26_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.78	0.76	0.94	0.82	0.92
GFDL-CM3_rcp45_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.83	0.8	0.94	0.87	0.91
GFDL-CM3_rcp85_CMIP5	0.93	0.93	0.93	0.9	0.93	0.93	0.88	0.88	0.78	0.77	0.93	0.85	0.91
GFDL-ESM4_SSP126_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.94	0.96	0.95	0.93	0.93	0.84	0.82	0.96	0.85	0.92
GFDL-ESM4_SSP245_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.92	0.93	0.87	0.84	0.95	0.86	0.92
GFDL-ESM4_SSP370_CMIP6	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.93	0.91	0.91	0.89	0.83	0.94	0.85	0.92
GFDL-ESM4_SSP585_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.93	0.89	0.85	0.95	0.88	0.92
GISS-E2-H_rcp45_CMIP5	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.95	0.91	0.91	0.87	0.81	0.95	0.89	0.94
HadGEM2-ES_rcp26_CMIP5	0.94	0.94	0.94	0.91	0.94	0.94	0.89	0.89	0.85	0.82	0.93	0.87	0.91
HadGEM2-ES_rcp45_CMIP5	0.89	0.9	0.9	0.86	0.9	0.9	0.83	0.83	0.83	0.77	0.89	0.84	0.9
HadGEM2-ES_rcp85_CMIP5	0.9	0.9	0.92	0.87	0.91	0.91	0.85	0.85	0.85	0.81	0.91	0.87	0.88
MPI-ESM-LR_rcp26_CMIP5	0.96	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.86	0.84	0.96	0.87	0.93
MPI-ESM-LR_rcp45_CMIP5	0.96	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.86	0.85	0.96	0.88	0.93
MPI-ESM-LR_rcp85_CMIP5	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.94	0.94	0.88	0.86	0.96	0.88	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP126_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.93	0.95	0.94	0.91	0.92	0.82	0.79	0.95	0.85	0.93
MPI-ESM1-2-HR_SSP245_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.83	0.78	0.94	0.84	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP370_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.93	0.92	0.87	0.83	0.95	0.87	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP585_CMIP6	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.89	0.89	0.83	0.79	0.94	0.84	0.92
MRI-ESM1_rcp85_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.88	0.86	0.96	0.88	0.95
MRI-ESM2-0_SSP126_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.93	0.84	0.81	0.95	0.85	0.92
MRI-ESM2-0_SSP245_CMIP6	0.95	0.95	0.96	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.86	0.83	0.95	0.86	0.92
MRI-ESM2-0_SSP370_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.93	0.94	0.88	0.85	0.95	0.87	0.93
MRI-ESM2-0_SSP585_CMIP6	0.95	0.94	0.95	0.94	0.94	0.94	0.92	0.92	0.88	0.86	0.95	0.88	0.92
NorESM1-M_rcp26_CMIP5	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.93	0.93	0.83	0.8	0.96	0.86	0.93
NorESM1-M_rcp45_CMIP5	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.85	0.81	0.95	0.86	0.93
NorESM1-M_rcp85_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.85	0.84	0.96	0.88	0.93
TaiESM1_SSP126_CMIP6	0.93	0.93	0.94	0.91	0.93	0.92	0.9	0.9	0.84	0.82	0.93	0.88	0.88
TaiESM1_SSP245_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.93	0.94	0.94	0.91	0.91	0.86	0.84	0.95	0.88	0.91
TaiESM1_SSP370_CMIP6	0.91	0.92	0.93	0.88	0.93	0.92	0.85	0.85	0.81	0.8	0.92	0.86	0.89
TaiESM1_SSP585_CMIP6	0.9	0.92	0.93	0.88	0.92	0.92	0.86	0.85	0.82	0.78	0.92	0.85	0.89

Tabulka 4-6 Hodnoty zabezpečení pro periodu FAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (BILAN)

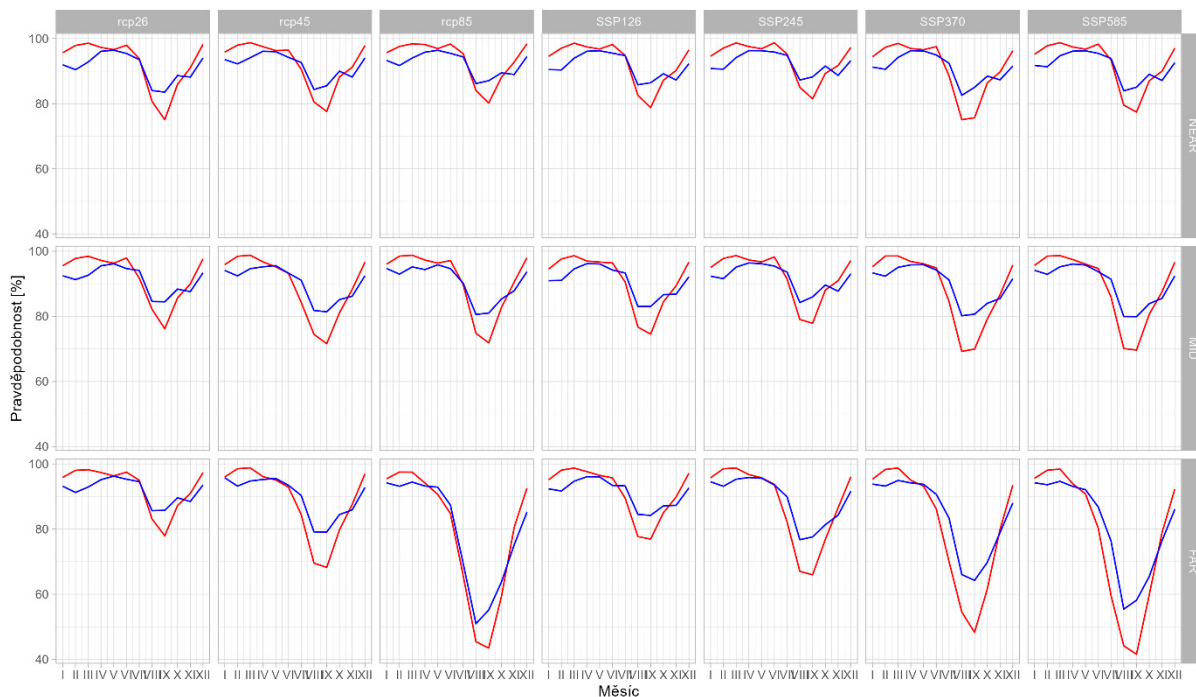
PER: FAR | Model: Q_bilan

model	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
CMCC-ESM2_SSP126_CMIP6	0.97	0.92	0.94	0.95	0.92	0.9	0.88	0.91	0.9	0.82	0.96	0.94	0.81
CMCC-ESM2_SSP245_CMIP6	0.95	0.88	0.9	0.93	0.87	0.86	0.82	0.87	0.91	0.86	0.95	0.93	0.81
CMCC-ESM2_SSP370_CMIP6	0.91	0.83	0.85	0.87	0.82	0.81	0.72	0.78	0.85	0.75	0.91	0.89	0.8
CMCC-ESM2_SSP585_CMIP6	0.89	0.81	0.85	0.84	0.82	0.79	0.68	0.75	0.81	0.75	0.9	0.87	0.79
CNRM-CM6-1-HR_SSP126_CMIP6	0.96	0.93	0.93	0.95	0.91	0.91	0.87	0.91	0.92	0.85	0.96	0.93	0.87
CNRM-CM6-1-HR_SSP585_CMIP6	0.93	0.88	0.9	0.92	0.86	0.86	0.79	0.86	0.89	0.84	0.94	0.88	0.85
CanESM2_rcp26_CMIP5	0.98	0.95	0.96	0.97	0.93	0.94	0.93	0.95	0.92	0.83	0.98	0.93	0.89
CanESM2_rcp45_CMIP5	0.96	0.92	0.92	0.93	0.9	0.91	0.85	0.9	0.89	0.8	0.96	0.92	0.87
CanESM2_rcp85_CMIP5	0.88	0.86	0.85	0.84	0.85	0.87	0.73	0.79	0.8	0.7	0.89	0.82	0.87
EC-Earth3_SSP126_CMIP6	0.97	0.94	0.95	0.95	0.93	0.91	0.89	0.92	0.89	0.83	0.97	0.94	0.84
EC-Earth3_SSP245_CMIP6	0.97	0.93	0.94	0.95	0.92	0.91	0.88	0.92	0.91	0.87	0.98	0.95	0.88
EC-Earth3_SSP370_CMIP6	0.95	0.89	0.91	0.92	0.87	0.87	0.82	0.88	0.87	0.84	0.96	0.91	0.84
EC-Earth3_SSP585_CMIP6	0.94	0.85	0.87	0.91	0.83	0.83	0.79	0.86	0.88	0.83	0.95	0.91	0.85
GFDL-CM3_rcp26_CMIP5	0.98	0.96	0.96	0.97	0.95	0.94	0.93	0.95	0.88	0.83	0.98	0.93	0.89
GFDL-CM3_rcp45_CMIP5	0.97	0.93	0.92	0.95	0.9	0.91	0.88	0.92	0.85	0.81	0.97	0.91	0.87
GFDL-CM3_rcp85_CMIP5	0.85	0.79	0.79	0.81	0.77	0.78	0.68	0.68	0.7	0.61	0.83	0.8	0.8
GFDL-ESM4_SSP126_CMIP6	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.95	0.95	0.96	0.9	0.81	0.99	0.92	0.89
GFDL-ESM4_SSP245_CMIP6	0.98	0.95	0.96	0.97	0.94	0.92	0.92	0.94	0.92	0.86	0.98	0.94	0.84
GFDL-ESM4_SSP370_CMIP6	0.97	0.9	0.93	0.94	0.89	0.86	0.86	0.91	0.91	0.82	0.96	0.9	0.83
GFDL-ESM4_SSP585_CMIP6	0.95	0.91	0.92	0.92	0.88	0.87	0.82	0.87	0.88	0.81	0.94	0.9	0.84
GISS-E2-H_rcp45_CMIP5	0.98	0.94	0.95	0.96	0.93	0.92	0.89	0.92	0.93	0.83	0.98	0.94	0.91
HadGEM2-ES_rcp26_CMIP5	0.96	0.92	0.94	0.93	0.92	0.9	0.86	0.89	0.88	0.83	0.95	0.93	0.84
HadGEM2-ES_rcp45_CMIP5	0.95	0.89	0.91	0.92	0.88	0.87	0.83	0.88	0.89	0.84	0.95	0.93	0.86
HadGEM2-ES_rcp85_CMIP5	0.88	0.83	0.85	0.83	0.81	0.81	0.68	0.75	0.74	0.7	0.87	0.81	0.83
MPI-ESM-LR_rcp26_CMIP5	0.99	0.97	0.98	0.98	0.96	0.97	0.96	0.97	0.92	0.84	0.99	0.95	0.89
MPI-ESM-LR_rcp45_CMIP5	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.95	0.95	0.96	0.93	0.88	0.99	0.96	0.9
MPI-ESM-LR_rcp85_CMIP5	0.97	0.93	0.92	0.94	0.9	0.91	0.86	0.91	0.93	0.91	0.98	0.94	0.88
MPI-ESM1-2-HR_SSP126_CMIP6	0.99	0.97	0.97	0.98	0.96	0.97	0.95	0.96	0.9	0.83	0.99	0.95	0.93
MPI-ESM1-2-HR_SSP245_CMIP6	0.97	0.95	0.95	0.96	0.94	0.94	0.91	0.93	0.89	0.82	0.98	0.93	0.88
MPI-ESM1-2-HR_SSP370_CMIP6	0.94	0.89	0.9	0.91	0.86	0.86	0.8	0.85	0.88	0.79	0.94	0.89	0.87
MPI-ESM1-2-HR_SSP585_CMIP6	0.95	0.9	0.93	0.91	0.9	0.89	0.79	0.85	0.87	0.79	0.95	0.91	0.91
MRI-ESM1_rcp85_CMIP5	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.94	0.96	0.94	0.88	0.98	0.95	0.94
MRI-ESM2-0_SSP126_CMIP6	0.99	0.96	0.98	0.99	0.96	0.95	0.97	0.98	0.94	0.86	0.99	0.94	0.91
MRI-ESM2-0_SSP245_CMIP6	0.98	0.96	0.97	0.98	0.95	0.95	0.94	0.96	0.93	0.88	0.98	0.95	0.91
MRI-ESM2-0_SSP370_CMIP6	0.98	0.94	0.95	0.97	0.93	0.91	0.91	0.94	0.95	0.89	0.98	0.95	0.88
MRI-ESM2-0_SSP585_CMIP6	0.97	0.93	0.94	0.95	0.92	0.91	0.87	0.91	0.94	0.86	0.98	0.93	0.88
NorESM1-M_rcp26_CMIP5	0.99	0.97	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.97	0.91	0.84	0.99	0.94	0.9
NorESM1-M_rcp45_CMIP5	0.98	0.94	0.96	0.96	0.94	0.93	0.92	0.94	0.91	0.83	0.98	0.94	0.9
NorESM1-M_rcp85_CMIP5	0.98	0.95	0.96	0.96	0.94	0.93	0.9	0.92	0.91	0.83	0.98	0.93	0.93
TaiESM1_SSP126_CMIP6	0.97	0.93	0.95	0.95	0.92	0.91	0.89	0.92	0.86	0.85	0.97	0.94	0.84
TaiESM1_SSP245_CMIP6	0.94	0.89	0.9	0.91	0.86	0.86	0.79	0.85	0.83	0.8	0.95	0.91	0.82
TaiESM1_SSP370_CMIP6	0.92	0.84	0.88	0.88	0.83	0.81	0.74	0.81	0.81	0.79	0.92	0.88	0.81
TaiESM1_SSP585_CMIP6	0.87	0.82	0.82	0.84	0.79	0.79	0.7	0.77	0.79	0.72	0.88	0.8	0.84

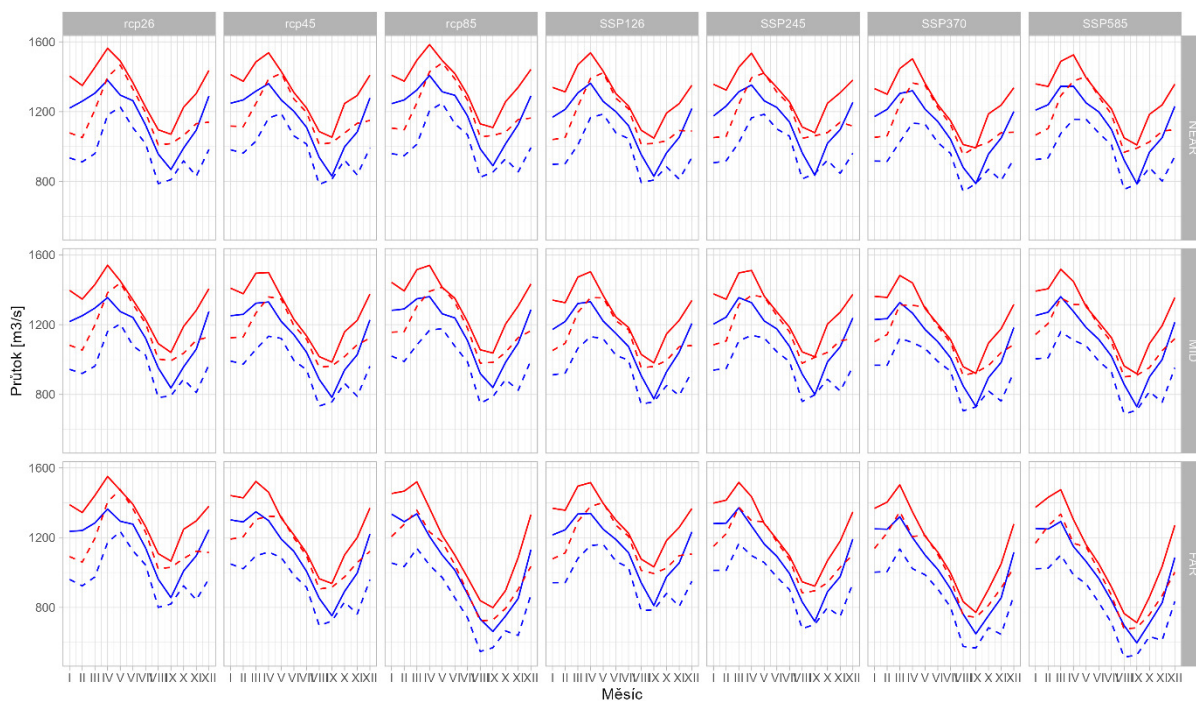
Tabulka 4-7 Hodnoty zabezpečení pro periodu FAR, jednotlivá povodí a uvažované modelové běhy (GR4J)

PER: FAR Model: Q_GR4J													
model	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013
CMCC-ESM2_SSP126_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.92	0.95	0.94	0.91	0.91	0.85	0.83	0.94	0.88	0.89
CMCC-ESM2_SSP245_CMIP6	0.91	0.91	0.92	0.89	0.91	0.91	0.86	0.86	0.88	0.84	0.92	0.87	0.83
CMCC-ESM2_SSP370_CMIP6	0.86	0.87	0.89	0.82	0.88	0.87	0.77	0.76	0.81	0.72	0.88	0.84	0.82
CMCC-ESM2_SSP585_CMIP6	0.82	0.84	0.88	0.78	0.86	0.84	0.73	0.74	0.79	0.72	0.87	0.83	0.8
CNRM-CM6-1-HR_SSP126_CMIP6	0.93	0.93	0.94	0.91	0.93	0.93	0.89	0.89	0.89	0.84	0.93	0.87	0.92
CNRM-CM6-1-HR_SSP585_CMIP6	0.89	0.9	0.9	0.86	0.89	0.9	0.83	0.83	0.88	0.81	0.9	0.85	0.88
CanESM2_rcp26_CMIP5	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.92	0.92	0.86	0.8	0.95	0.85	0.91
CanESM2_rcp45_CMIP5	0.92	0.92	0.93	0.89	0.92	0.92	0.87	0.87	0.85	0.76	0.92	0.85	0.87
CanESM2_rcp85_CMIP5	0.76	0.79	0.8	0.72	0.79	0.79	0.69	0.69	0.78	0.64	0.8	0.78	0.77
EC-Earth3_SSP126_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.92	0.94	0.94	0.9	0.9	0.85	0.82	0.94	0.87	0.91
EC-Earth3_SSP245_CMIP6	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.93	0.9	0.9	0.89	0.86	0.94	0.91	0.91
EC-Earth3_SSP370_CMIP6	0.91	0.91	0.91	0.87	0.91	0.91	0.85	0.85	0.85	0.83	0.91	0.88	0.87
EC-Earth3_SSP585_CMIP6	0.89	0.88	0.89	0.86	0.88	0.88	0.83	0.83	0.87	0.81	0.9	0.87	0.88
GFDL-CM3_rcp26_CMIP5	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.94	0.92	0.92	0.83	0.81	0.94	0.85	0.92
GFDL-CM3_rcp45_CMIP5	0.94	0.94	0.93	0.92	0.93	0.93	0.9	0.9	0.83	0.8	0.93	0.86	0.91
GFDL-CM3_rcp85_CMIP5	0.79	0.84	0.85	0.75	0.85	0.84	0.69	0.68	0.7	0.6	0.81	0.77	0.83
GFDL-ESM4_SSP126_CMIP6	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.93	0.93	0.81	0.8	0.95	0.82	0.93
GFDL-ESM4_SSP245_CMIP6	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94	0.92	0.92	0.89	0.85	0.94	0.87	0.91
GFDL-ESM4_SSP370_CMIP6	0.93	0.92	0.93	0.91	0.92	0.91	0.89	0.89	0.88	0.82	0.92	0.85	0.9
GFDL-ESM4_SSP585_CMIP6	0.91	0.92	0.92	0.89	0.92	0.92	0.86	0.86	0.87	0.81	0.91	0.86	0.9
GISS-E2-H_rcp45_CMIP5	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.95	0.91	0.91	0.9	0.85	0.95	0.9	0.93
HadGEM2-ES_rcp26_CMIP5	0.93	0.93	0.94	0.91	0.94	0.93	0.88	0.88	0.85	0.82	0.92	0.87	0.91
HadGEM2-ES_rcp45_CMIP5	0.9	0.91	0.92	0.88	0.92	0.91	0.86	0.86	0.85	0.82	0.91	0.88	0.9
HadGEM2-ES_rcp85_CMIP5	0.74	0.77	0.8	0.7	0.78	0.76	0.65	0.65	0.7	0.62	0.79	0.78	0.78
MPI-ESM-LR_rcp26_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94	0.94	0.84	0.81	0.96	0.86	0.93
MPI-ESM-LR_rcp45_CMIP5	0.96	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.94	0.94	0.88	0.85	0.96	0.89	0.92
MPI-ESM-LR_rcp85_CMIP5	0.93	0.93	0.92	0.9	0.92	0.92	0.89	0.89	0.91	0.89	0.94	0.9	0.9
MPI-ESM1-2-HR_SSP126_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.83	0.81	0.96	0.85	0.94
MPI-ESM1-2-HR_SSP245_CMIP6	0.94	0.94	0.95	0.92	0.94	0.94	0.91	0.91	0.84	0.8	0.95	0.85	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP370_CMIP6	0.91	0.91	0.91	0.88	0.91	0.91	0.85	0.85	0.85	0.78	0.91	0.84	0.92
MPI-ESM1-2-HR_SSP585_CMIP6	0.91	0.91	0.93	0.87	0.92	0.92	0.84	0.84	0.85	0.78	0.91	0.87	0.92
MRI-ESM1_rcp85_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.94	0.91	0.89	0.96	0.91	0.94
MRI-ESM2-0_SSP126_CMIP6	0.96	0.95	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.95	0.85	0.83	0.96	0.85	0.94
MRI-ESM2-0_SSP245_CMIP6	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.86	0.86	0.95	0.88	0.93
MRI-ESM2-0_SSP370_CMIP6	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.92	0.92	0.91	0.88	0.95	0.89	0.92
MRI-ESM2-0_SSP585_CMIP6	0.93	0.93	0.94	0.92	0.94	0.93	0.9	0.9	0.91	0.87	0.95	0.9	0.92
NorESM1-M_rcp26_CMIP5	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96	0.96	0.94	0.94	0.85	0.83	0.96	0.86	0.93
NorESM1-M_rcp45_CMIP5	0.95	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.92	0.86	0.83	0.95	0.87	0.92
NorESM1-M_rcp85_CMIP5	0.95	0.95	0.95	0.93	0.95	0.95	0.91	0.91	0.88	0.83	0.95	0.88	0.93
TaiESM1_SSP126_CMIP6	0.92	0.93	0.94	0.9	0.93	0.92	0.88	0.88	0.82	0.8	0.93	0.87	0.88
TaiESM1_SSP245_CMIP6	0.88	0.91	0.91	0.85	0.9	0.9	0.82	0.82	0.81	0.76	0.91	0.86	0.86
TaiESM1_SSP370_CMIP6	0.84	0.86	0.89	0.81	0.87	0.86	0.77	0.77	0.8	0.75	0.87	0.84	0.84
TaiESM1_SSP585_CMIP6	0.74	0.77	0.78	0.71	0.77	0.76	0.67	0.67	0.77	0.65	0.8	0.77	0.78

Na Obrázek 4-11 je zabezpečení minimálních zůstatkových průtoků v jednotlivých měsících pro model BILAN (červeně) a model (GR4J). Lze pozorovat, že s ohledem na vzdálenější periody a méně příznivé scénáře klesá, především v letních měsících. Na Obrázek 4-12 jsou potom hodnoty zabezpečeného průtoku na 80 (plně) % a 90 % (čárkované).



Obrázek 4-11 Zabezpečení MZP a odběru



Obrázek 4-12 Zabezpečený průtok (80 a 90 procent)

4.4 Shrnutí klíčových zjištění

Modelové simulace založené na hydrologických modelech BILAN a GR4J, aplikované na klimatické scénáře CMIP5 a CMIP6 pro tři výhledová období (NEAR, MID, FAR), ukazují konzistentní sezónní redistribuci odtoků. Charakteristickým rysem tohoto vývoje je výrazné navýšení zimních průtoků (zejména v lednu až březnu) v důsledku vyšších teplot a změněné formy srážek (méně sněhu, více deště). Naopak letní měsíce (červen–září) vykazují pokles průtoků, což souvisí s vyšší evapotranspirací. Tento posun má zásadní význam, protože vegetační období je zároveň obdobím nejvyšší poptávky po vodě – jak ze strany zemědělství, tak průmyslu i přírodních ekosystémů. Dochází tedy k časovému nesouladu mezi dostupností a potřebou vody.

Přes různé vstupy do klimatických modelů nejsou mezi generacemi CMIP5 a CMIP6 zásadní rozdíly v trendu vývoje. CMIP5 vykazuje větší rozptýl výsledků, a tedy vyšší nejistotu, zatímco CMIP6 přináší kompaktnější a méně rozptýlené výstupy, což však potvrzuje obdobné směry změn. Důležité je, že všechny varianty predikují sezónní přesun disponibilních objemů vody a nárůst hydrologického rizika v letních měsících.

Hydrologické modely přinášejí rozdílné pohledy na charakter odtokových změn. Model GR4J prokazuje vyšší citlivost na extrém, což se projevuje ve větším počtu simulací, které indikují pokles průtoků pod stanovenou hodnotu minimálního zůstatkového průtoku (MZP). Tento model je vhodný pro posouzení dopadů klimatické změny na mezní situace (extrémy). Model BILAN je naopak stabilnější v odhadu průměrných hodnot, ale může podhodnocovat rozsah extrémních situací. Společně poskytují komplexní rámec pro hodnocení možných dopadů a nejistot.

Z hlediska zabezpečení MZP přináší výstupy z modelování důležitá varování. V období MID (2036–2065) a FAR (2071–2100) narůstá četnost situací, kdy průtoky klesají pod MZP, a to jak podle českých, tak rakouských kritérií. Tento jev je nejčastější v letních měsících, čímž zásadně narušuje zabezpečení odběru (např. $18 + 4 \text{ m}^3/\text{s}$ v referenčním profilu). Kombinace letního deficitu a vysoké poptávky po vodě vytváří kritickou disproporci, která může vést ke konfliktům mezi zájmy hospodářskými a environmentálními.

Z výše uvedeného vyplývají důležité důsledky pro vodní hospodářství. Budoucí vodní bilance Dunaje bude zásadně ovlivněna sezónní redistribucí odtoku, a pro efektivní zabezpečení minimálních průtoků dle současného nastavení bude klíčové zavedení adaptačních opatření. Ta mohou zahrnovat revizi povolení k odběrům, nové návrhy přehrad a retenčních nádrží, řízenou akumulaci vody v zimě nebo přechod k integrovanému plánování s vyšším důrazem na udržitelný odběr a ekologické funkce vodních toků. Zabezpečení vodních služeb i ekosystémových funkcí bude čím dál více závislá na schopnosti řídit časový nesoulad mezi nabídkou a poptávkou vody.

5 PŘÍLOHY

Příloha 1a

Přírůstková metoda

Pro tvorbu scénářů změny klimatu v kontextu odhadu změn hydrologické bilance se v České republice standardně využívá tzv. přírůstková metoda, zejména pro studie v měsíčním kroku. Tato metoda spočívá v transformaci pozorovaných dat tak, aby změny transformovaných veličin odpovídaly změnám odvozeným ze simulací klimatických modelů. V měsíčním kroku se běžně uvažují změny průměrných měsíčních úhrnů srážek a průměrné měsíční teploty. V denním kroku je nutné uvažovat i změny variability veličin. Pro tvorbu scénářů změny klimatu byla proto využita pokročilá přírůstková (ADC - Advanced Delta Change) metoda. ADC metoda umožňuje zahrnout do transformace i změny variability. To zjednodušeně znamená, že extrémů se mohou měnit jinak než průměr. Při odvození změn srážek z klimatického modelu ADC metoda uvažuje i systematické chyby simulace. Jelikož teplota je transformována lineárně, nemá systematická chyba na výslednou transformaci teploty vliv.

Srážky jsou transformovány pomocí vztahu

$$P^* = \begin{cases} aP^b & \text{pro } P < P_{90} \\ \frac{\bar{E}^F}{\bar{E}^C} (P - P_{90}) + a(P_{90})^b & \text{pro } P > P_{90} \end{cases}$$

kde P^* jsou transformované srážky, P pozorované srážky, P_{90} je 90% kvantil srážek, indexy C a F indikují pozorovaná data, simulovaná data pro kontrolní období a simulovaná data pro scénářové období. a a b jsou transformační parametry, které jsou odvozeny pro 7denní bloky, což zaručuje sezónní variabilitu změn. Lineární transformace pro hodnoty nad P_{90} zabraňuje výskytu nerealisticky vysokých hodnot, které jsou relativně často výsledkem nelineární transformace pro $P > P_{90}$ a $b > 1$.

Pro srážky vyšší než 90% kvantil srážek v daném měsíci je vypočtena nadprahová hodnota $E = P - P_{90}$. Průměrné nadprahové hodnoty v simulaci klimatického modelu pro kontrolní a scénářové období jsou vypočteny dle

$$\bar{E}^C = \frac{\sum P^C - P_{90}^C}{n^C} \quad \text{a} \quad \bar{E}^F = \frac{\sum P^F - P_{90}^F}{n^F}$$

kde n^C a n^F je počet nadprahových hodnot v kontrolním a scénářovém období. Transformační parametry a a b jsou odvozeny z hodnot 60% (P_{60}) a 90% (P_{90}) kvantilu srážek dle

$$b = \frac{\log[g_2 \frac{P_{90}^F}{(g_1 P_{60}^F)}]}{\log[g_2 \frac{P_{90}^C}{(g_1 P_{60}^C)}]}$$

$$a = \frac{P_{60}^F}{(P_{60}^C)^b g_1^{1-b}}$$

kde g_1 a g_2 jsou korekční faktory vyjadřující systematické chyby v P_{60} a P_{90} v simulaci klimatického modelu pro kontrolní období.

$$g_1 = \frac{P_{60}}{P_{60}^C}$$

$$g_2 = \frac{P_{90}}{P_{90}^C}$$

Jelikož hodnoty P_{60} , P_{90} , $\overline{E}^C$ a $\overline{E}^F$ jsou časově relativně variabilní, jsou průměrné měsíční hodnoty těchto veličin vyhlazeny váženým klouzavým průměrem s váhami 0,25, 0,5 a 0,25.

Transformace teploty je v ADC metodě prováděna následovně:

$$T^* = \frac{\sigma^F}{\sigma^C} (T - \overline{T}) + \overline{T} + \overline{T}^F - \overline{T}^C$$

kde T^* je transformovaná teplota, $\overline{T}$ pozorovaná průměrná měsíční teplota, $\overline{T}^C$ a $\overline{T}^F$ je průměrná měsíční teplota pro kontrolní simulaci klimatického modelu a scénářovou simulaci klimatického modelu a σ^C a σ^F jsou směrodatné odchylky denní teploty pro kontrolní a scénářové období v simulaci klimatického modelu.

Výběr RCM a GCM

V současné době jsou pro území České republiky k dispozici desítky simulací, ať už regionálních klimatických modelů (RCM) z mezinárodních koordinovaných aktivit jako CORDEX (Giorgi a Gutowski 2015) nebo ENSEMBLES (van der Linden a Mitchell 2009) či z jiných experimentů a případových studií, např. CECILIA (Belda et al. 2015). Pro aplikace, kde nevadí hrubší prostorové rozlišení, lze použít velké množství globálních klimatických modelů (GCM) poskytovaných v rámci projektu CMIP5 (Taylor et al. 2012) nebo staršího CMIP3 (Meehl et al. 2007). K dispozici je tedy přes sto modelových simulací, a tedy i možných budoucích vývojů klimatických charakteristik. S tímto množstvím není možné v dopadových studiích pracovat, a proto je třeba vybrat určitou omezenou referenční množinu modelů. Výběr referenční množiny klimatických modelů pro dopadové studie nikdy nelze provést zcela objektivně. I při snaze o co největší omezení subjektivity musí do výběru modelů vstoupit lidský faktor, a to minimálně v rozsahu volby validačních charakteristik a souvisejících metod. Na základě studií byly pro Českou republiku vybrány následující modely (především generace CMIP6), pro případné porovnání byly doplněny modely RCM (generace CMIP5).

Globální klimatické modely

- CMCC-ESM2
- EC-EARTH3
- GFDL-ESM4
- MPI-ESM1-2-HR
- MRI-ESM2-0
- TaiESM1

V rámci studie jsou označovány jako generace **CMIP6** a byly počítány pro SSP scénáře. SSP (Shared Socioeconomic Pathways) scénáře popisují možné socioekonomické trajektorie (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**), které ovlivňují emise skleníkových plynů i schopnost a adaptace/mitigace. Nezahrnují konkrétní klimatické výstupy, ale kombinují se s RCP (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) scénáři pro komplexní modelování.

Tabulka 5-1 Hlavní SSP scénáře

Scénář	Název	Popis
SSP1	Udržitelný rozvoj (Sustainability)	Nízké emise, nízké sociální nerovnosti, rychlý přechod na obnovitelné zdroje
SSP2	Střední cesta (Middle of the Road)	Pokračování současných trendů
SSP3	Regionální rivalita (Regional Rivalry)	Izolacionismus, nízká spolupráce, vysoké emise
SSP4	Nerovnosti (Inequality)	Vysoce nerovnoměrný rozvoj, rozdílná adaptace
SSP5	Konvenční rozvoj (Fossil-fueled Development)	Rychlý ekonomický růst na základě fosilních paliv, vysoké emise

Přístupy kombinuje **SSP + RCP, například:**

- **SSP2-4.5:** Střední cesta, odpovídá zhruba RCP4.5
- **SSP5-8.5:** Nejhorší scénář, odpovídá RCP8.5

Tyto kombinace se využívají v nejnovějších modelovacích studiích a zprávách IPCC (např. AR6).

Regionální klimatické modely

- MPI-ESM-LR-RCA4
- MOHC-HADGEM-ES-RACMO22E
- MPI-ESM-LR-CLM4.8.17
- CNRM-CM5-RCA4
- EC-EARTH-RACMO22E
- IPSL-CM5A-MR-RCA4
- NCC-NORES1-M-HIRHAM5

V rámci studie jsou označovány jako generace **CMIP5** a byly počítány pro RCP scénáře. RCP (Representative Concentration Pathways) scénáře (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) popisují budoucí vývoj koncentrací skleníkových plynů a ozáření (radiative forcing), které ovlivňuje klimatický systém. Nezahrnují přímo socioekonomický vývoj, ale předpokládají, že různé koncentrace emisí mohou vzniknout v důsledku různých politik, technologií a chování.

Tabulka 5-2 RCP Scénáře

Scénář	Radiative Forcing (do 2100)	Popis
RCP2.6	~2.6 W/m ²	Ambiciózní mitigace; globální teplota vzroste jen o ~1.5 °C
RCP4.5	~4.5 W/m ²	Stabilizace bez drastických opatření; mírný nárůst teplot
RCP6.0	~6.0 W/m ²	Pomalejší stabilizace, vyšší emise
RCP8.5	~8.5 W/m ²	“Business-as-usual”, bez snížení emisí, teplota může stoupnout o >4 °C

Výhledové periody

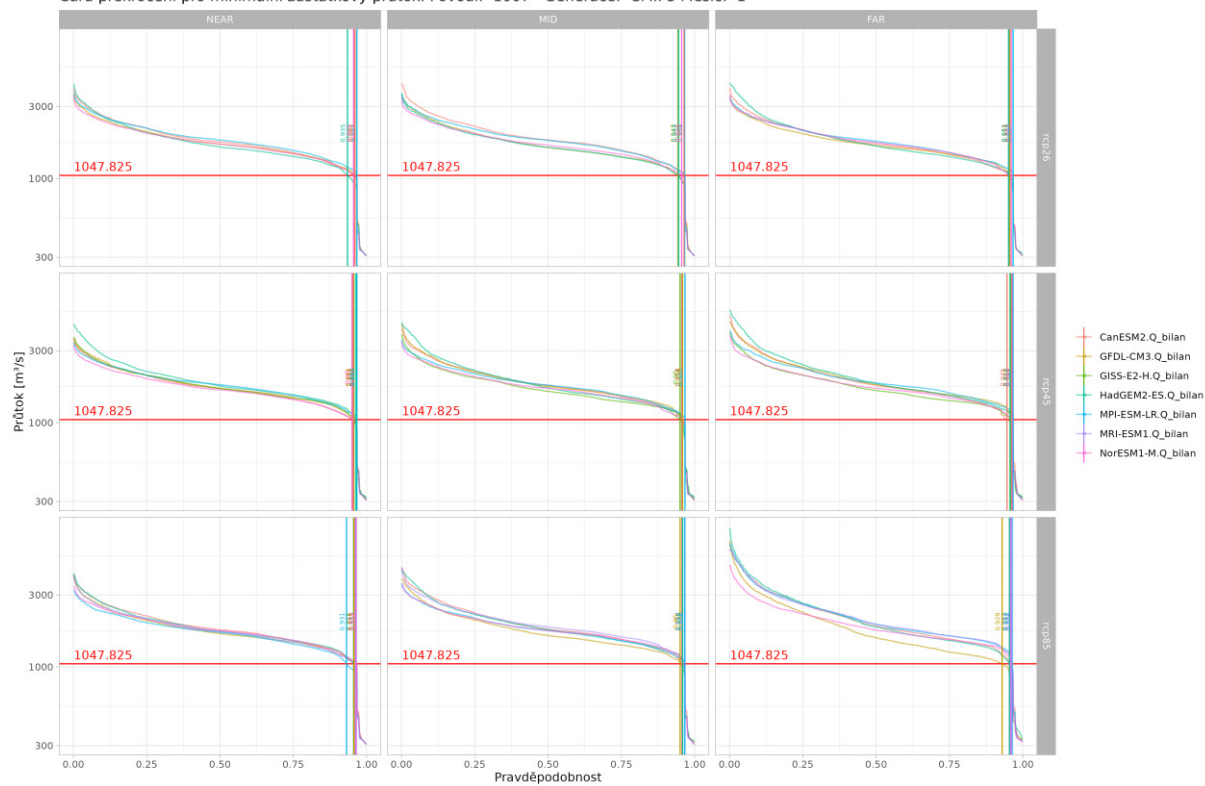
Zpracování studie bylo provedeno pro výhledové periody:

1. NEAR: 2021-2050
2. MID: 2036-2065
3. FAR: 2071-2100

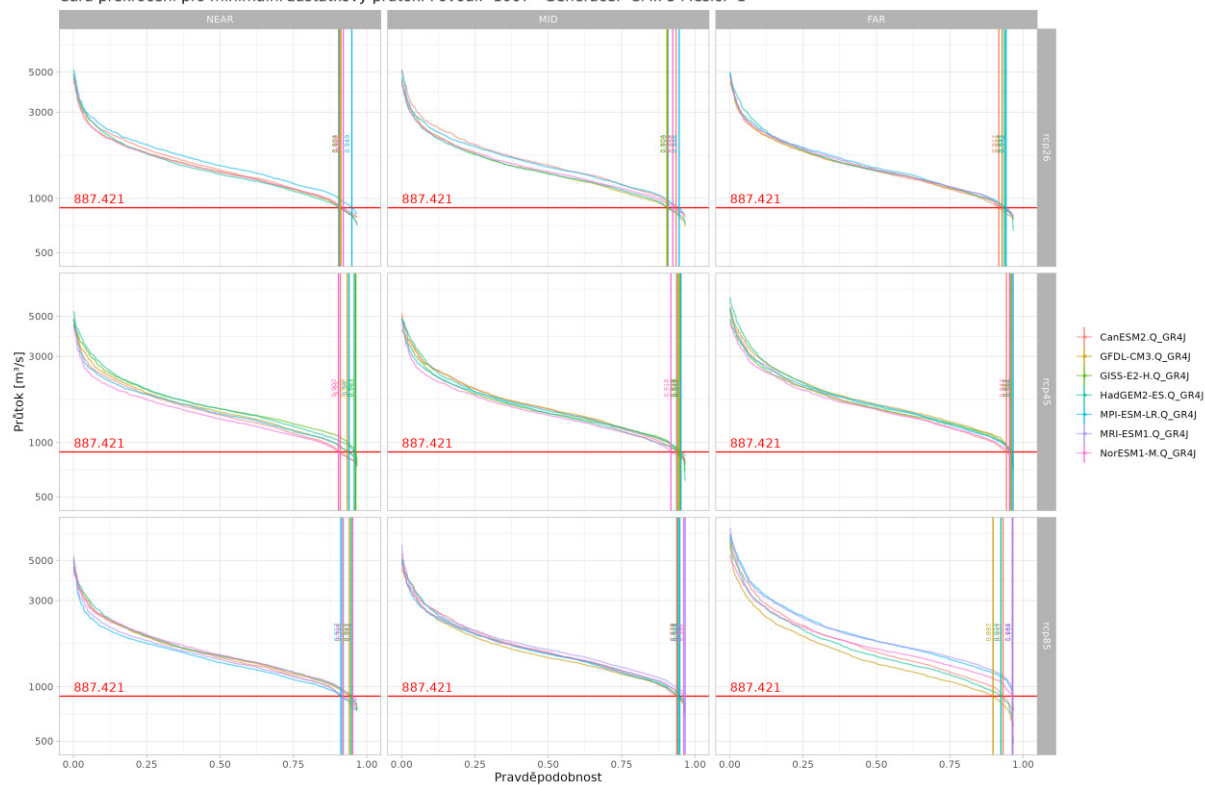
Příloha 2a Měsíční chod

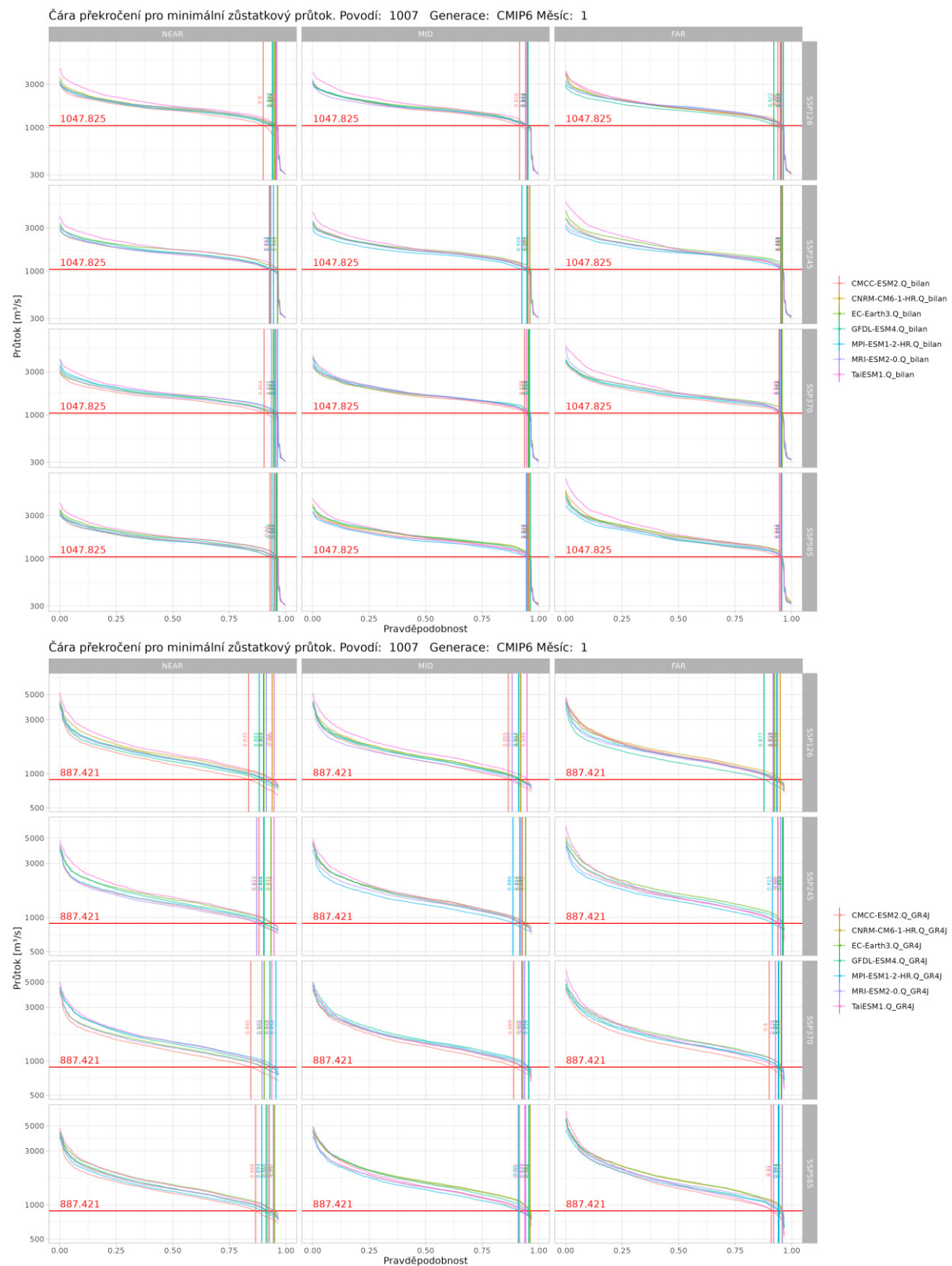
Leden

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 1



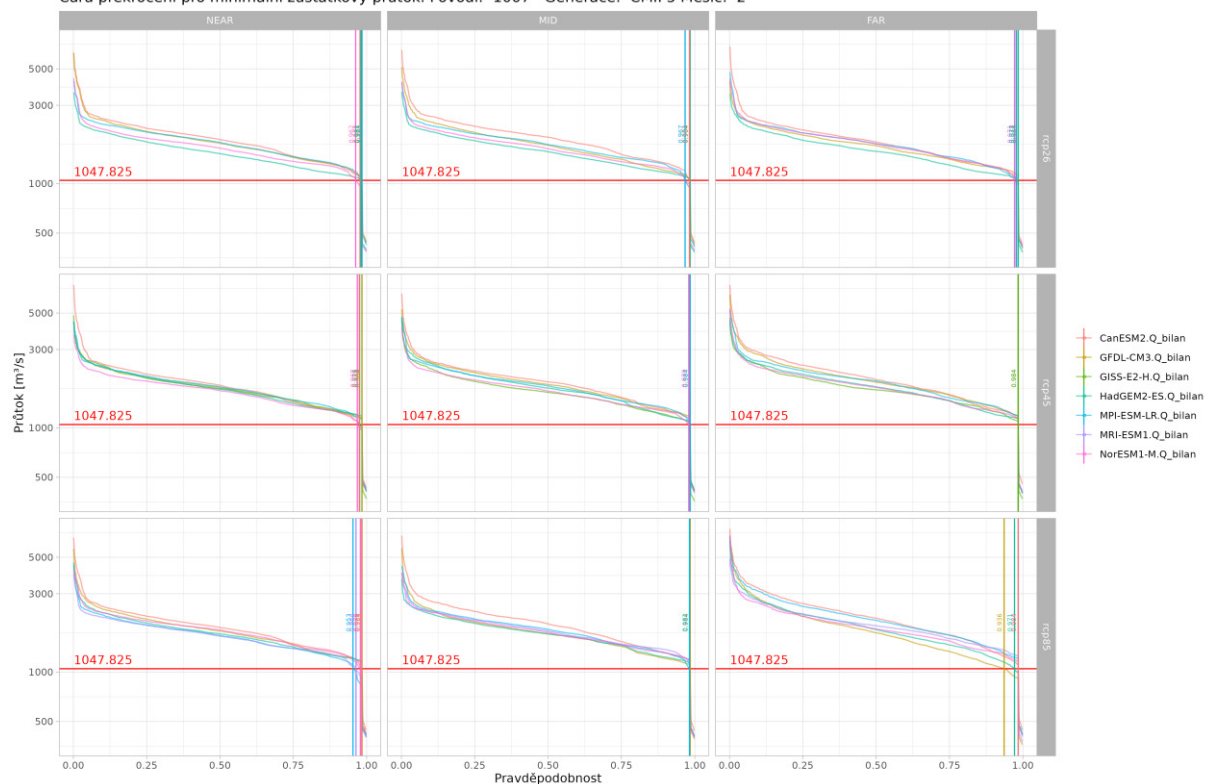
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 1



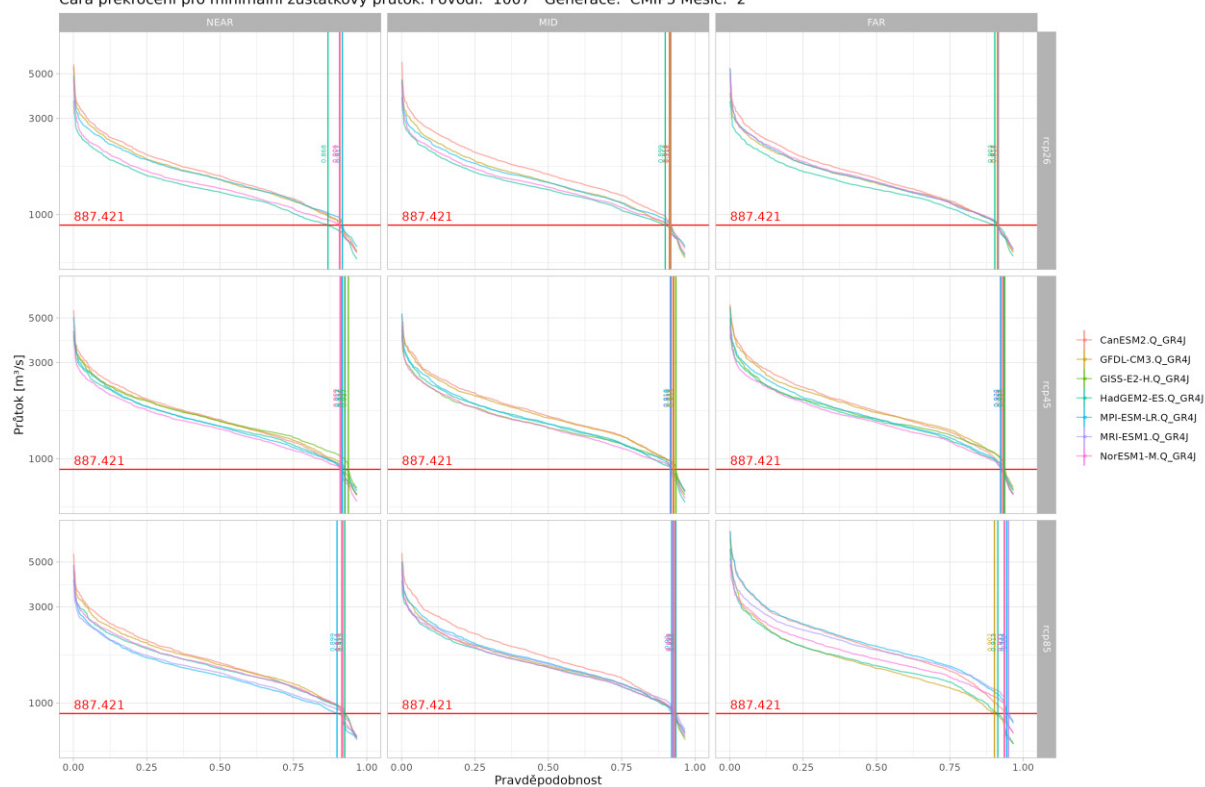


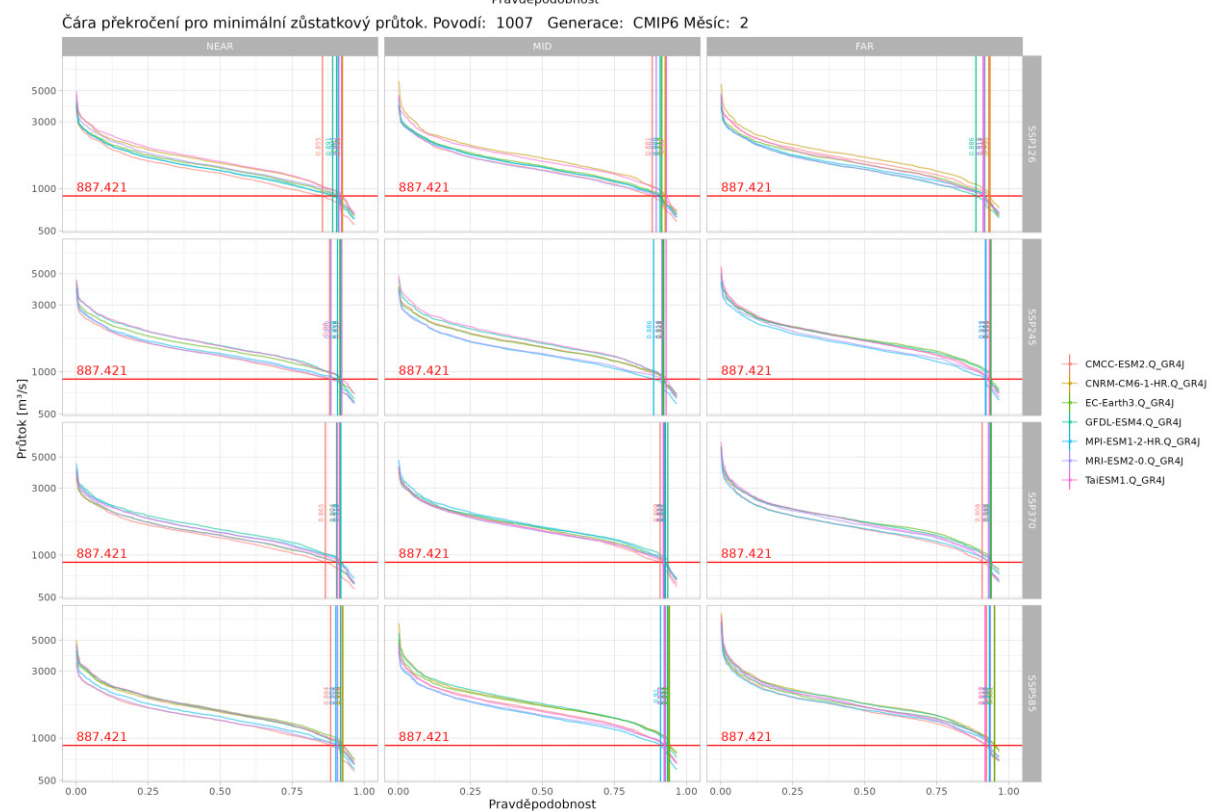
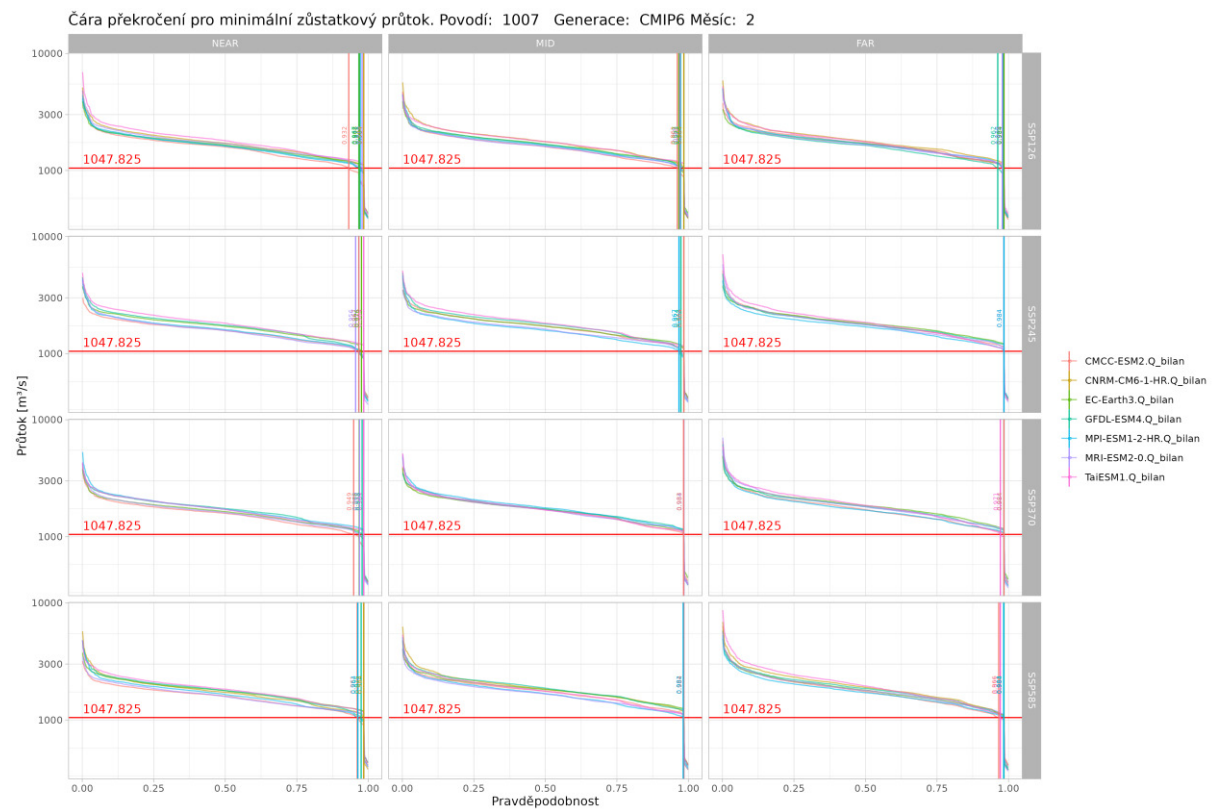
Únor

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 2



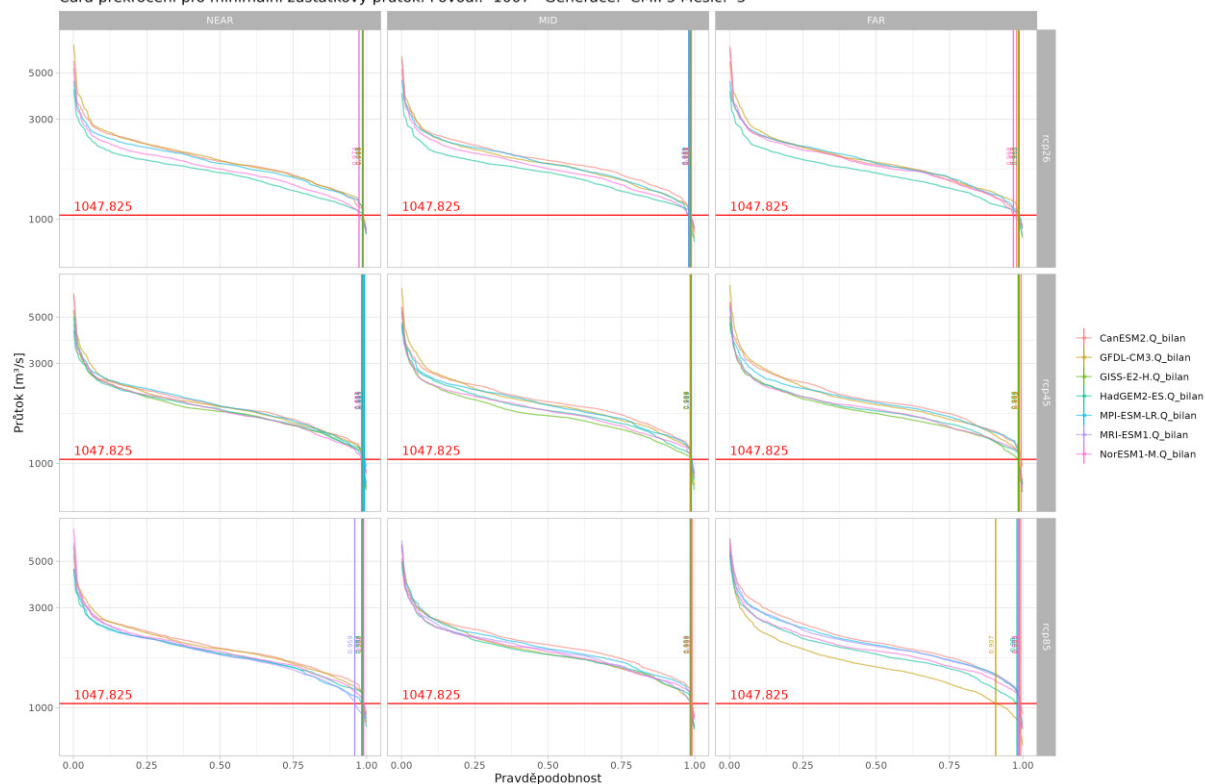
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 2



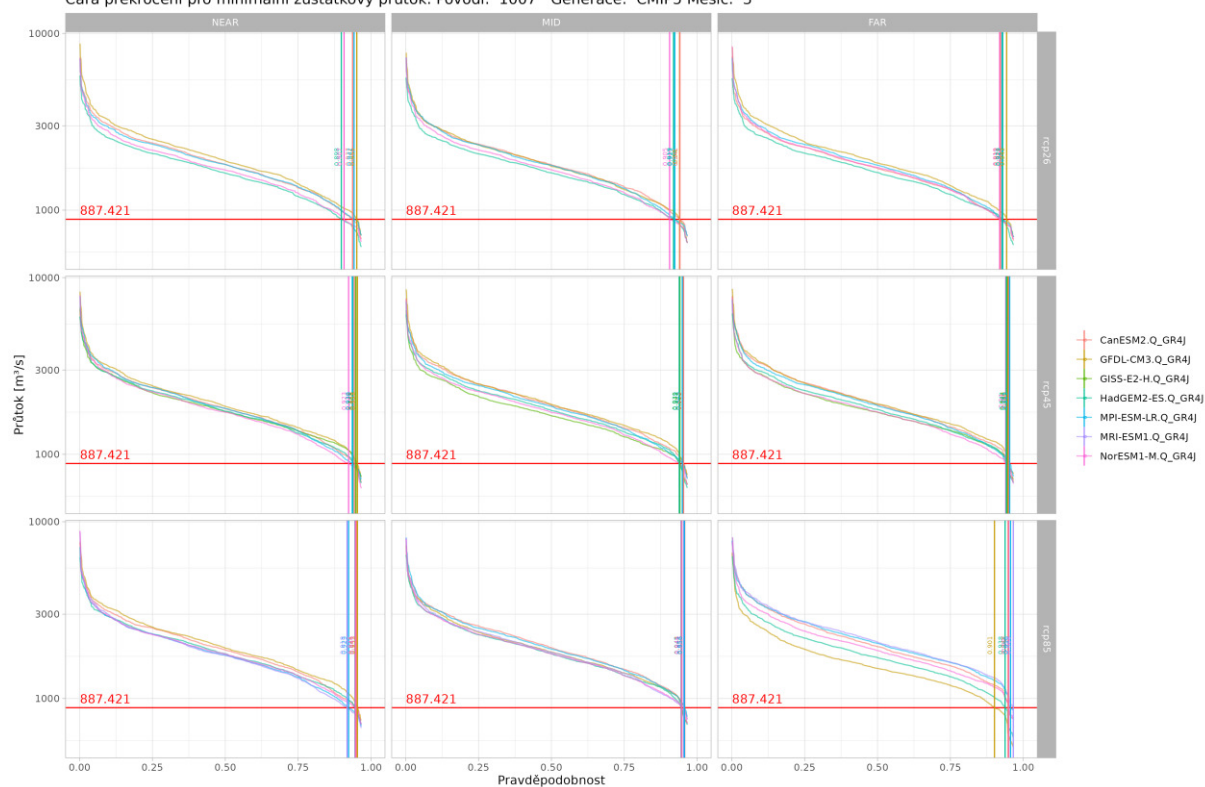


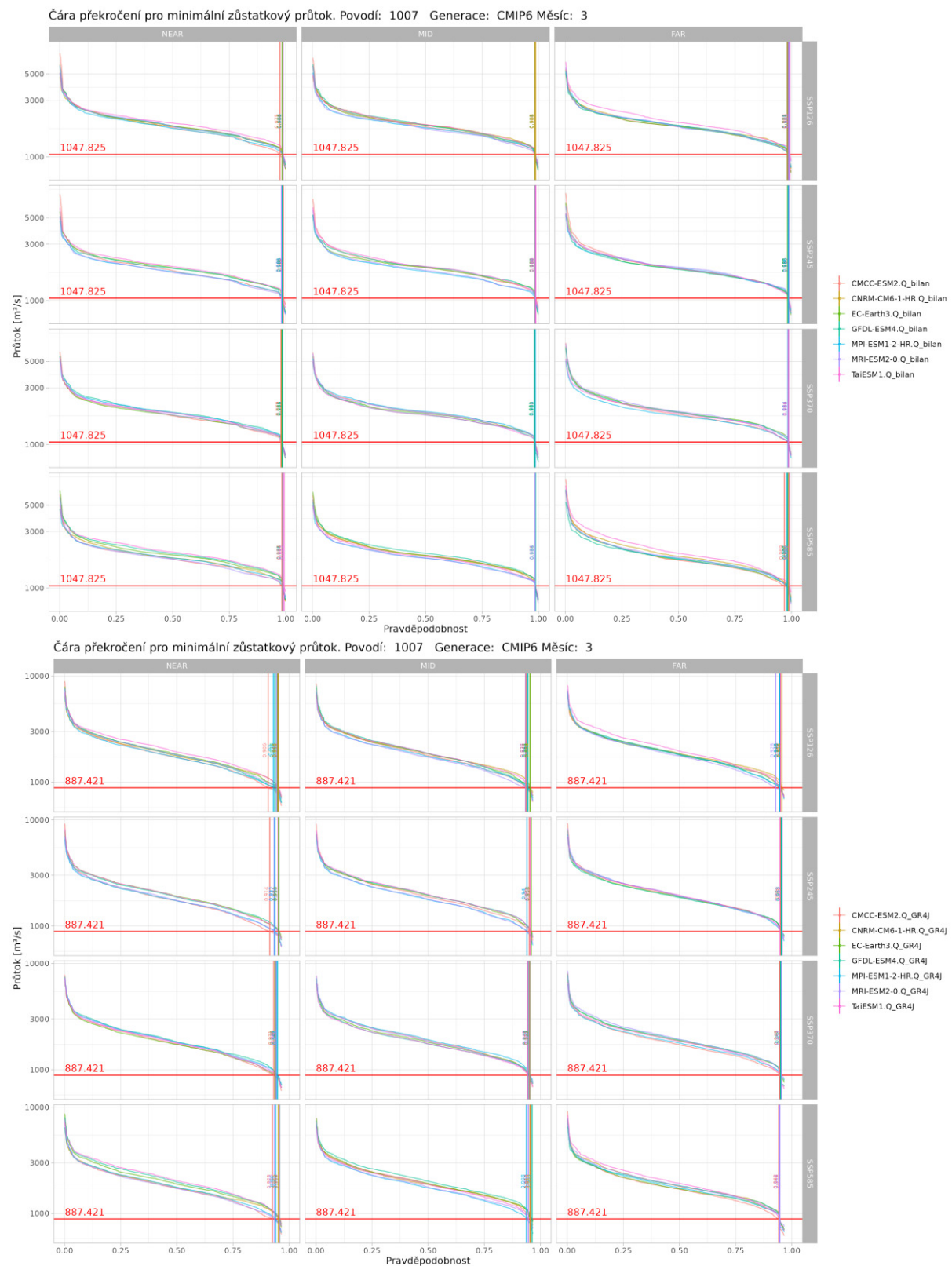
Březen

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 3



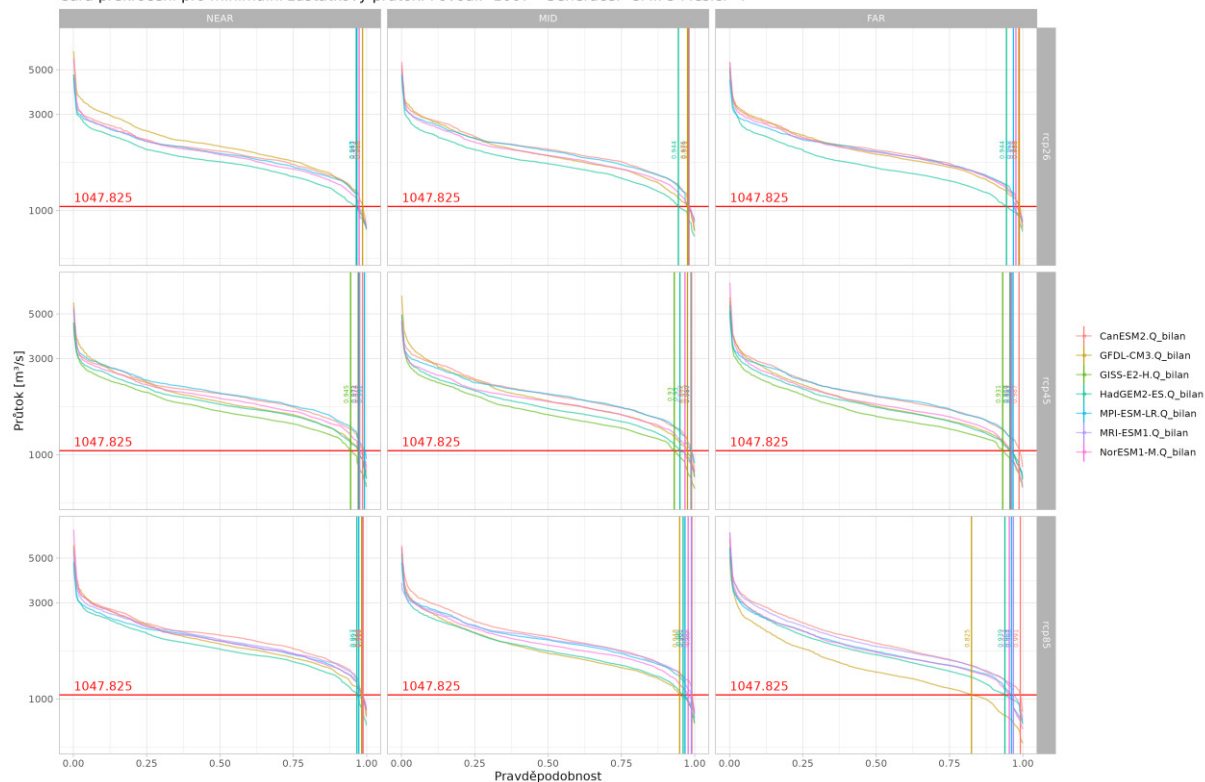
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 3



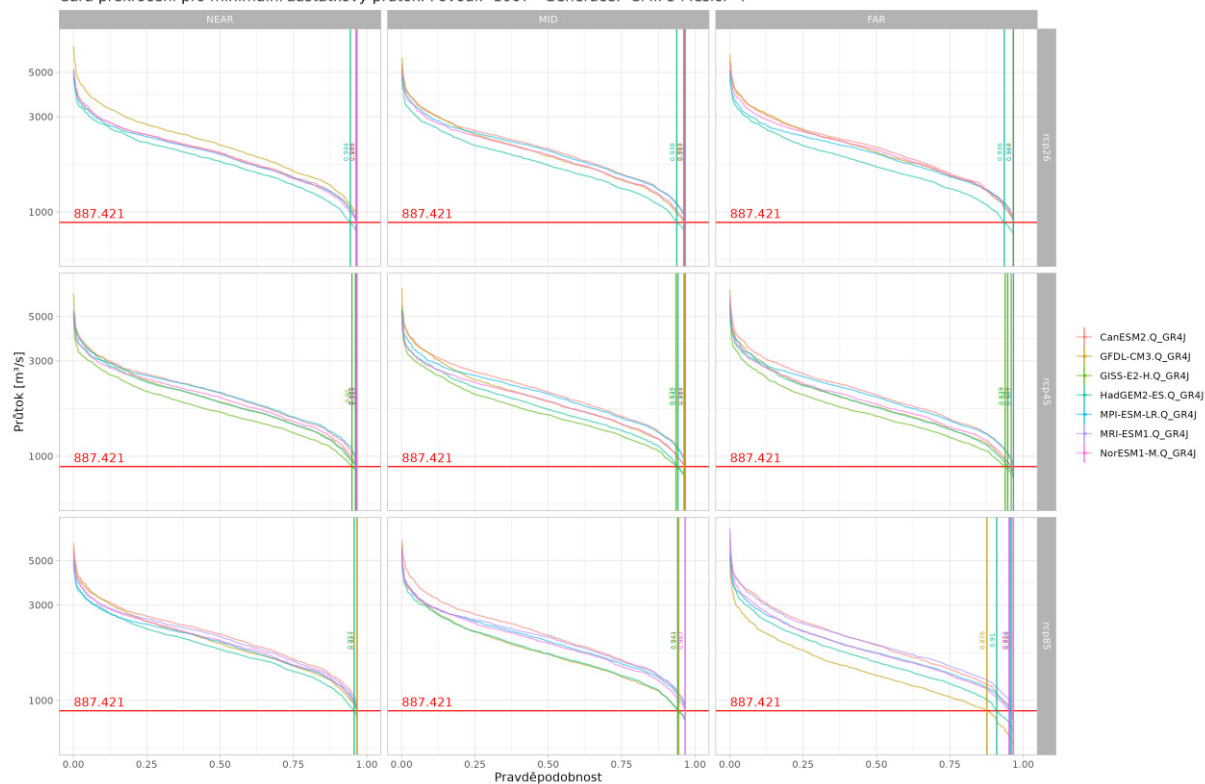


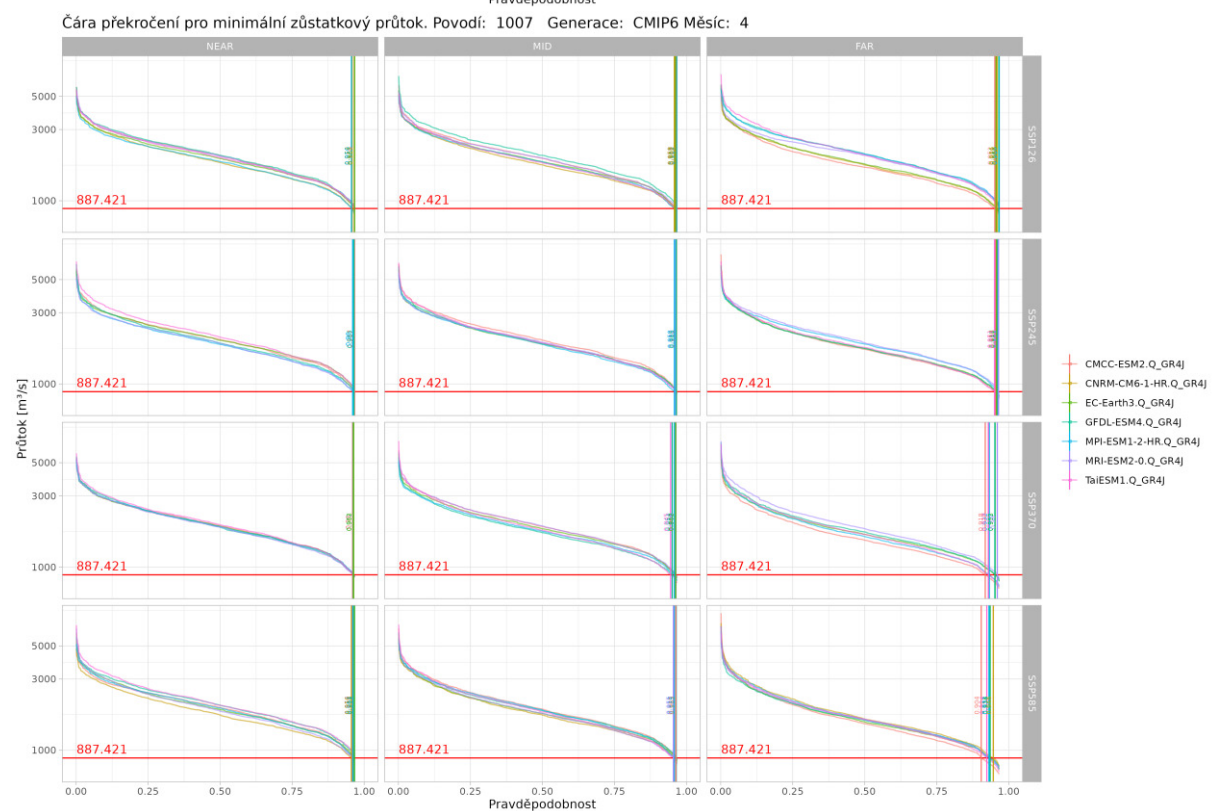
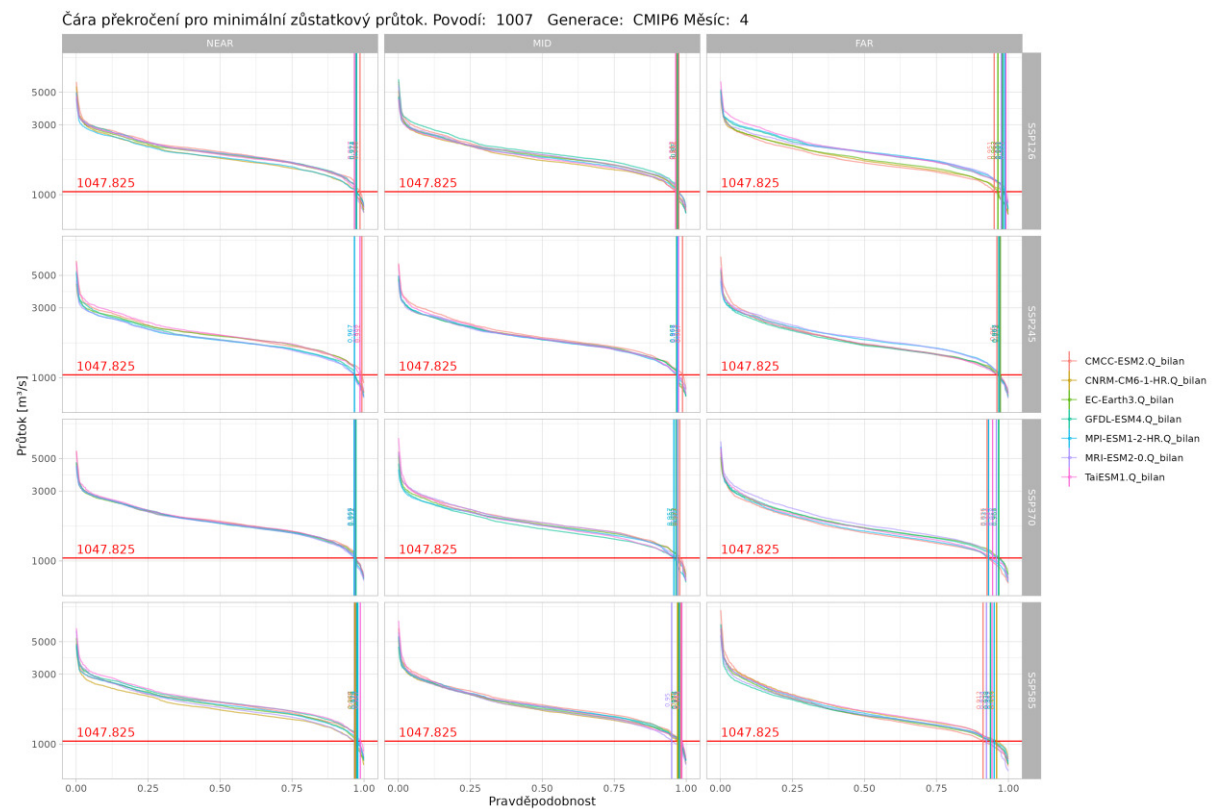
Duben

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 4



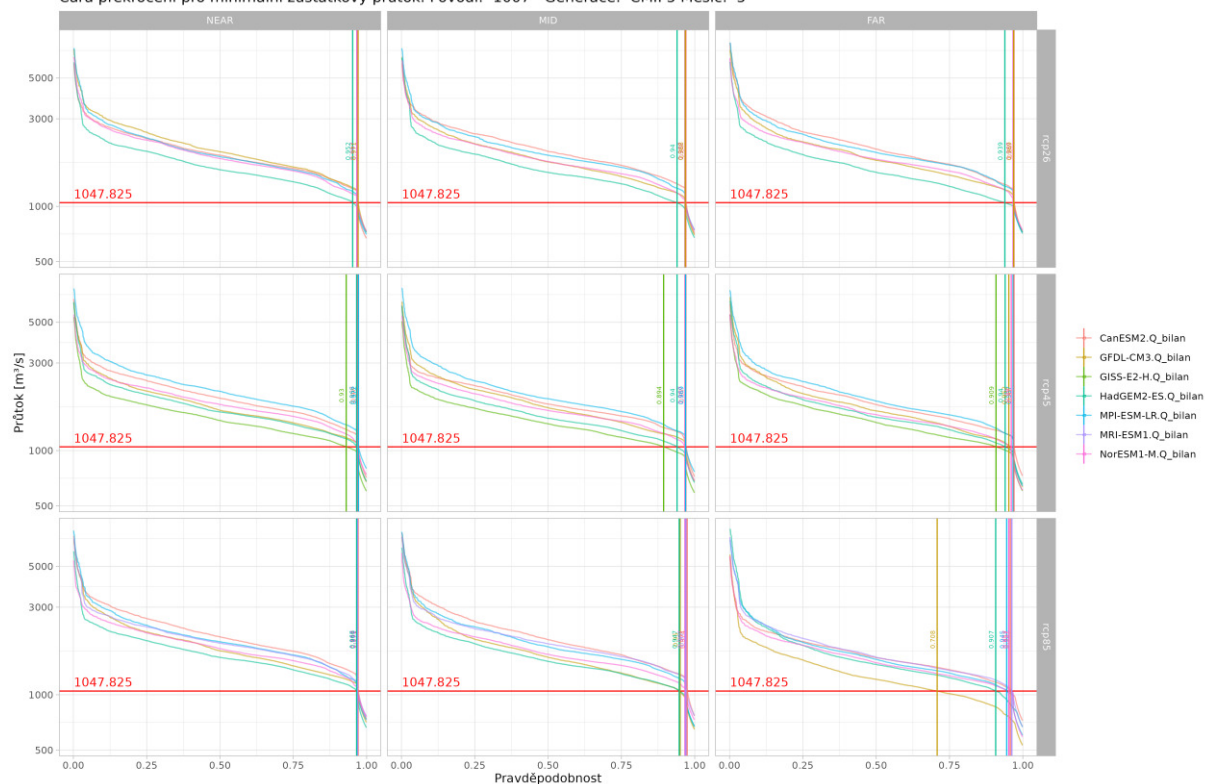
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 4



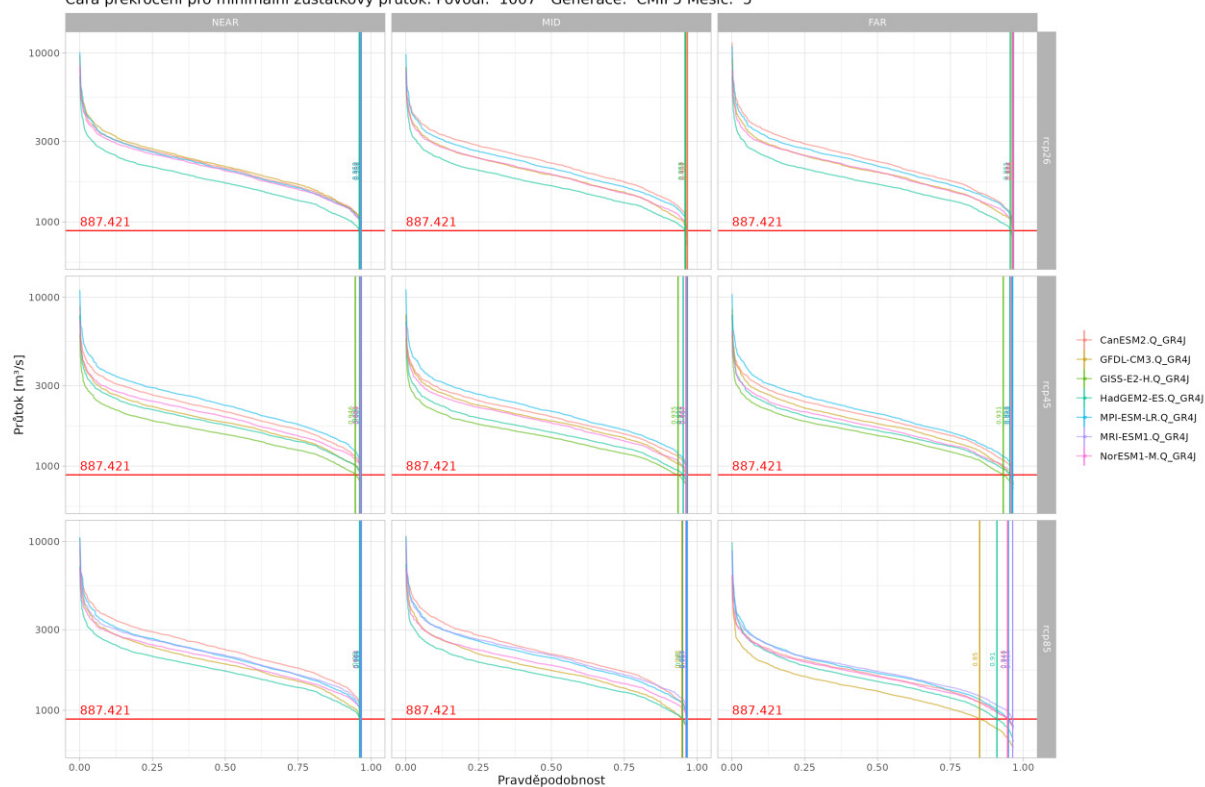


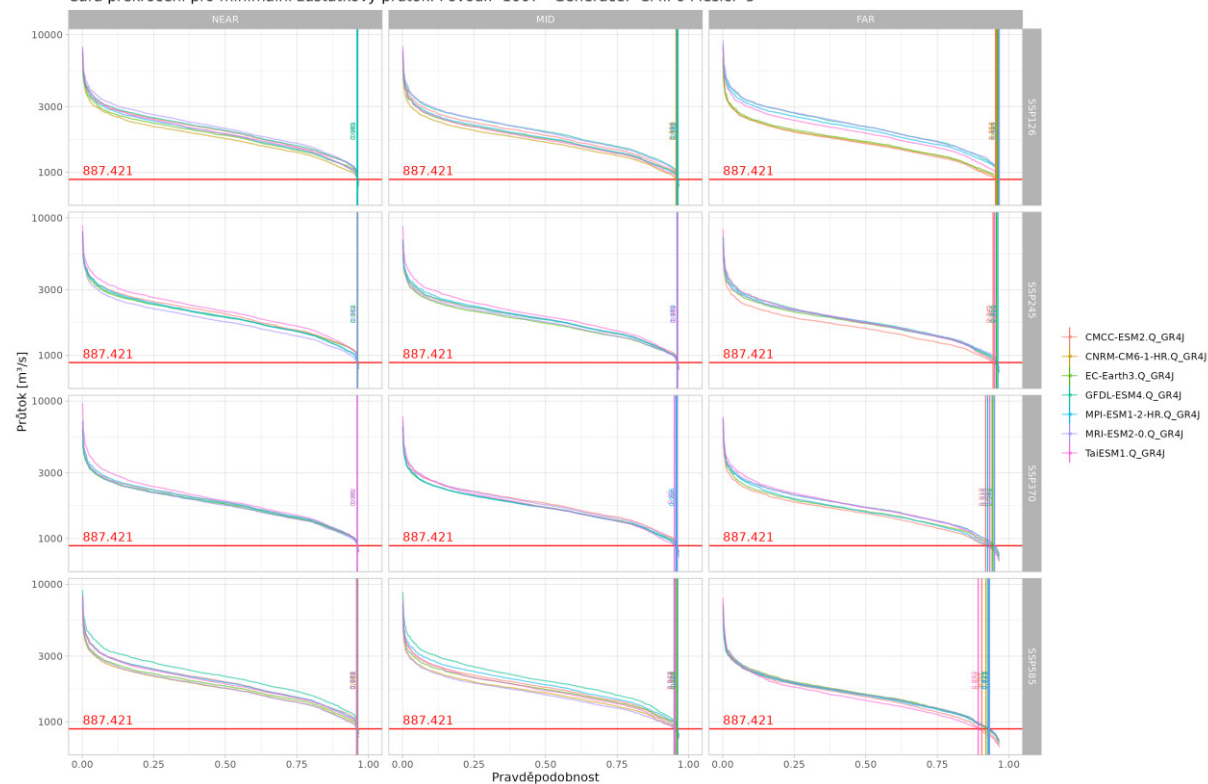
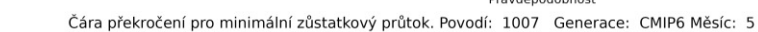
Květen

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 5



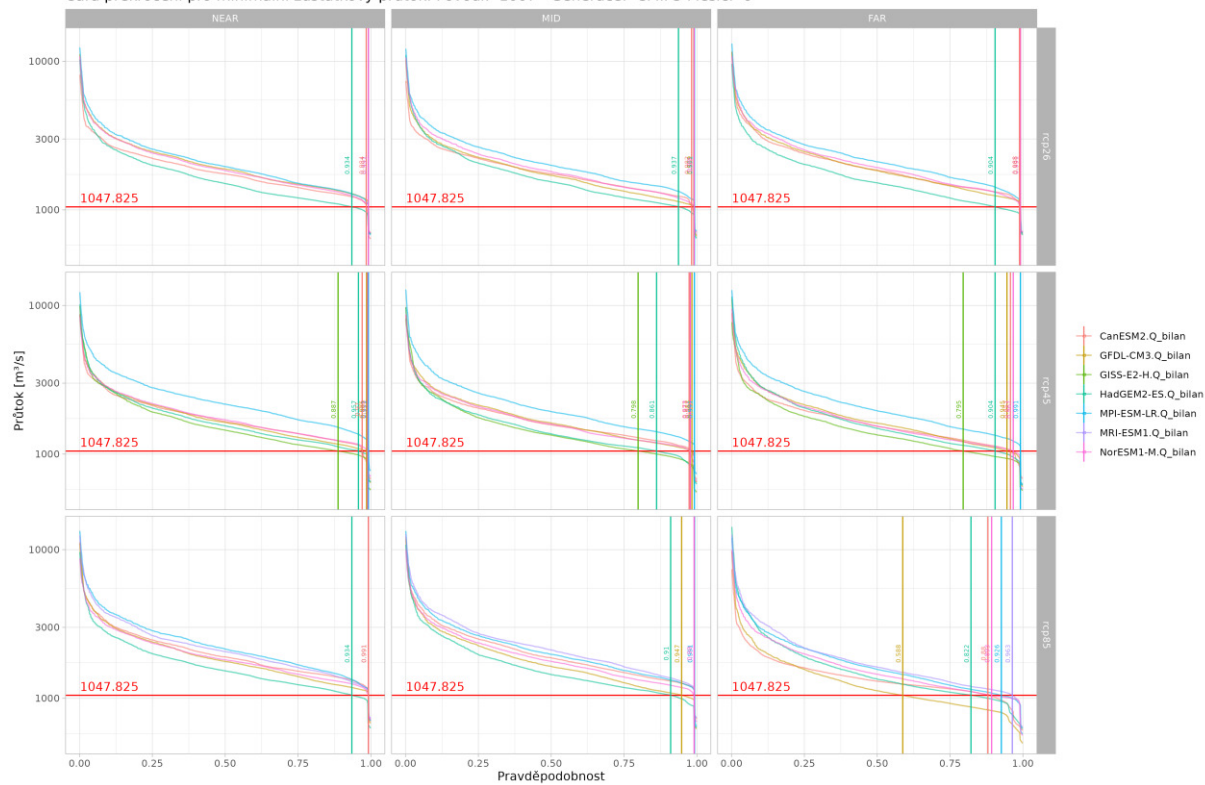
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 5



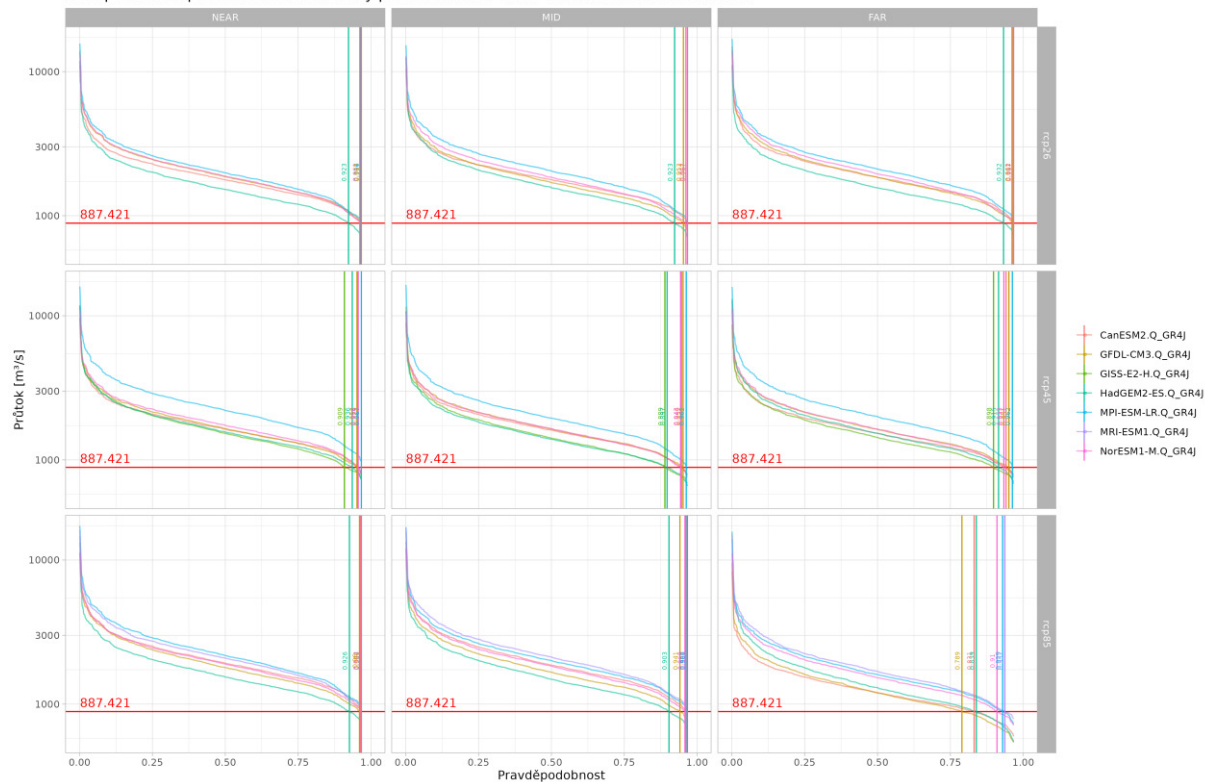


Červen

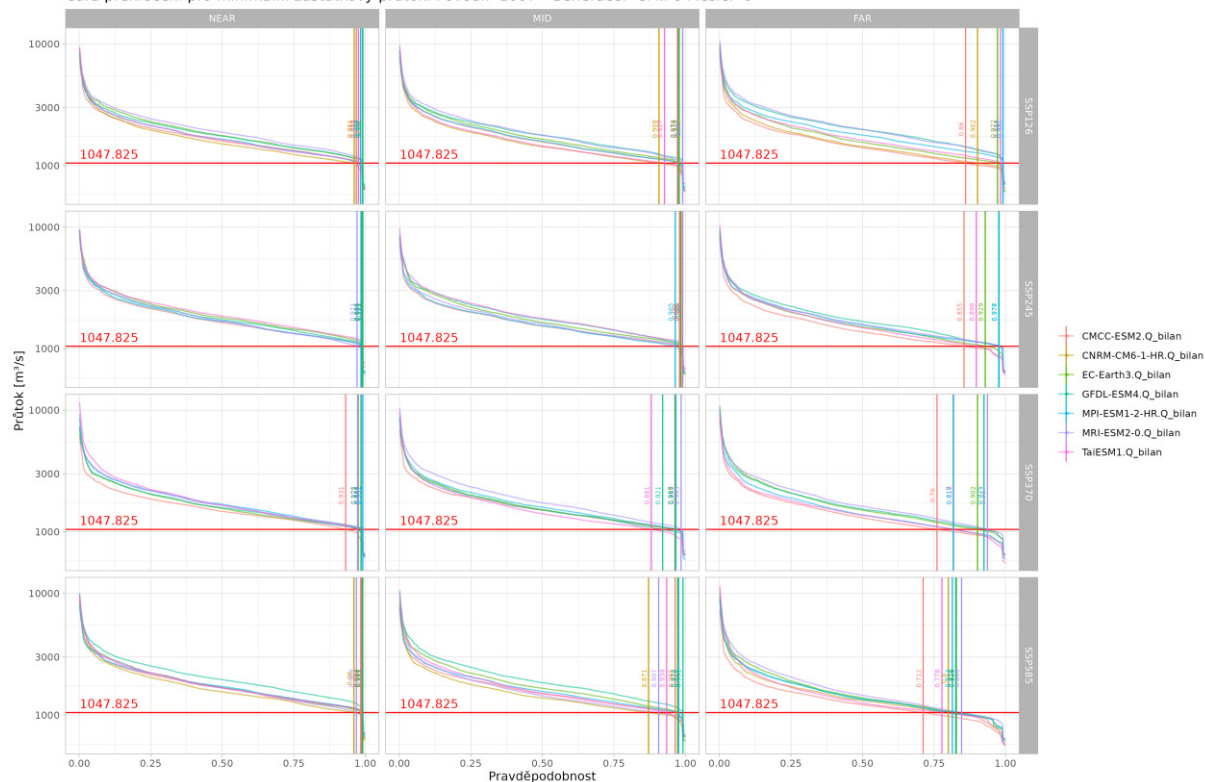
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 6



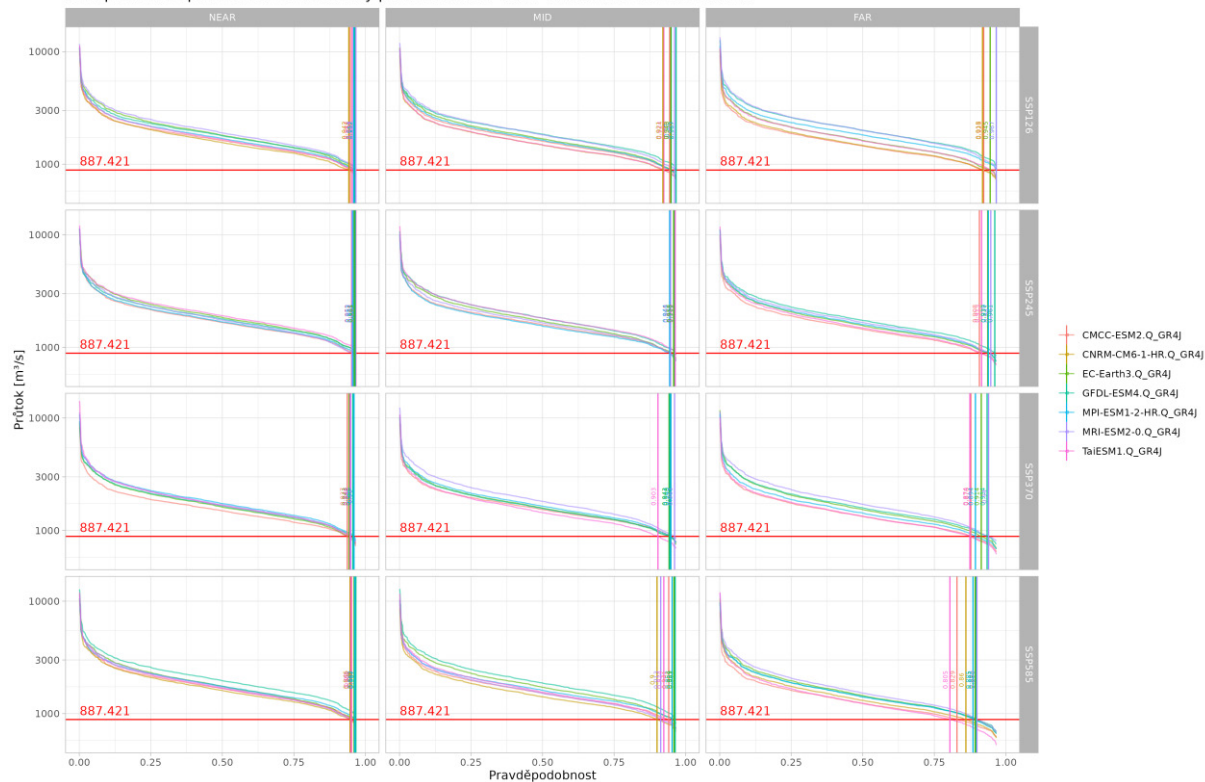
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 6



Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP6 Měsíc: 6

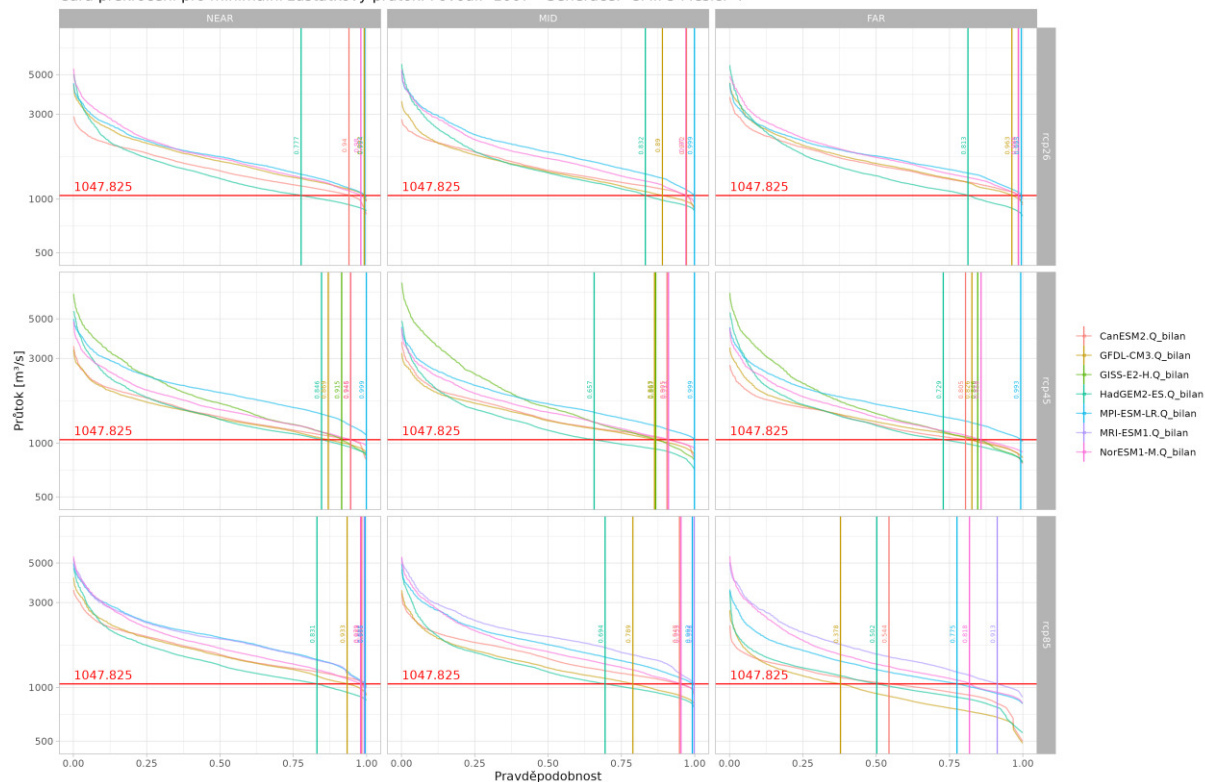


Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP6 Měsíc: 6

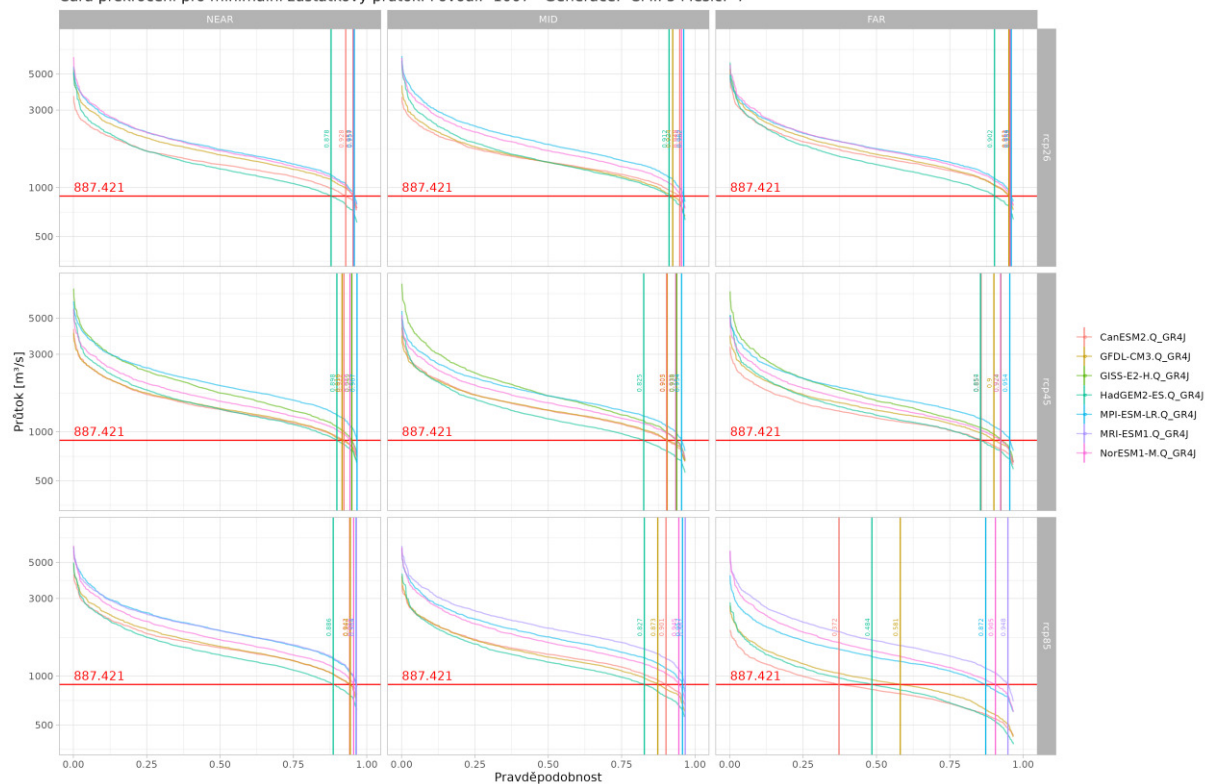


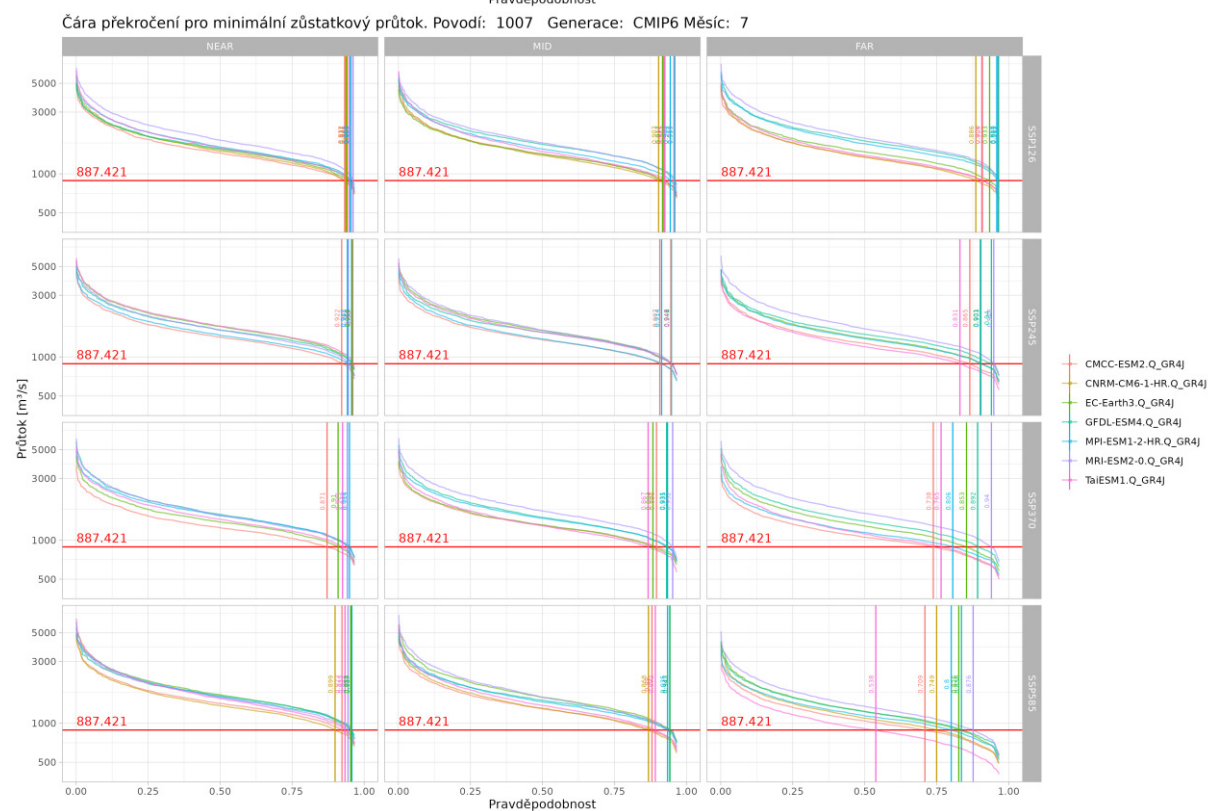
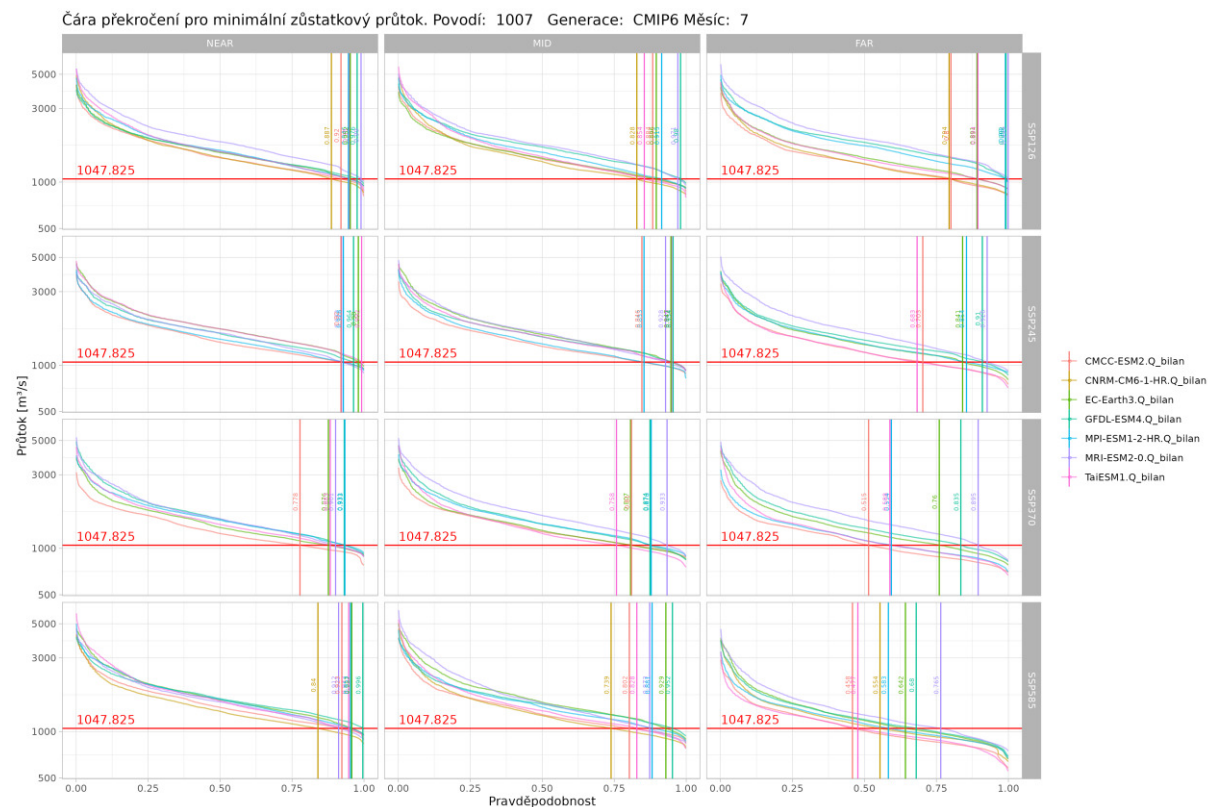
Červenec

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 7



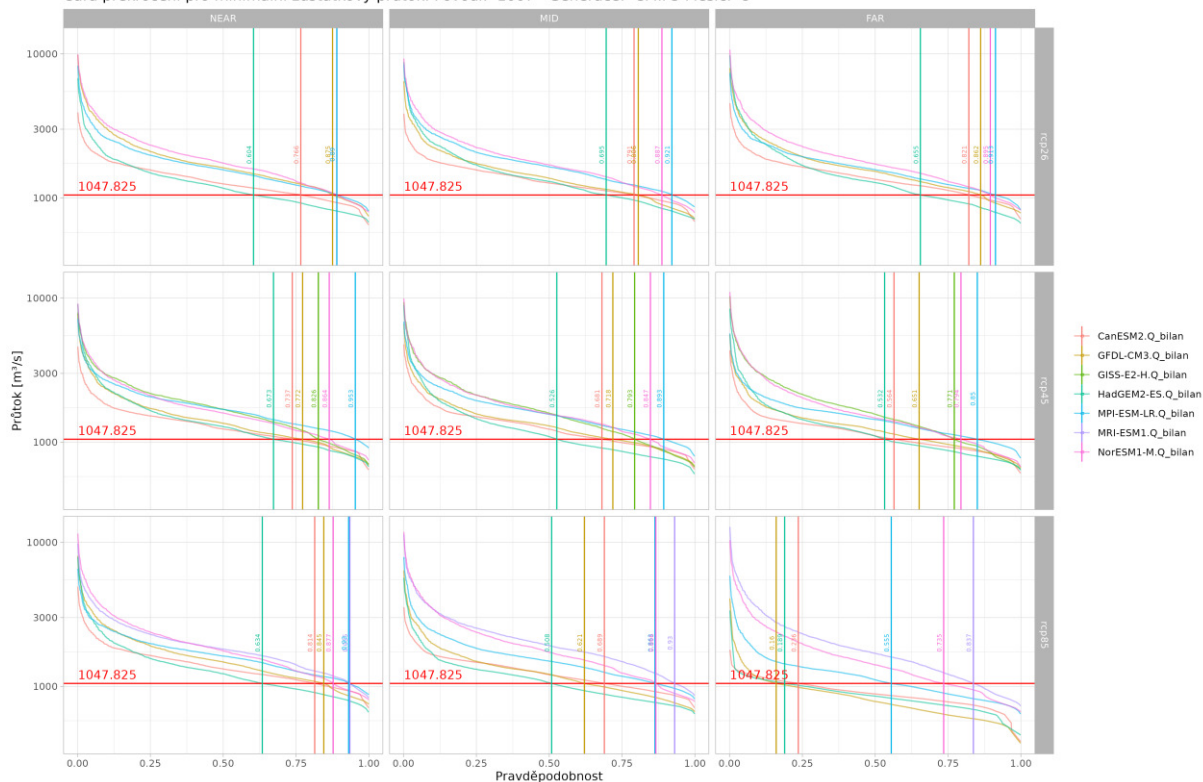
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 7



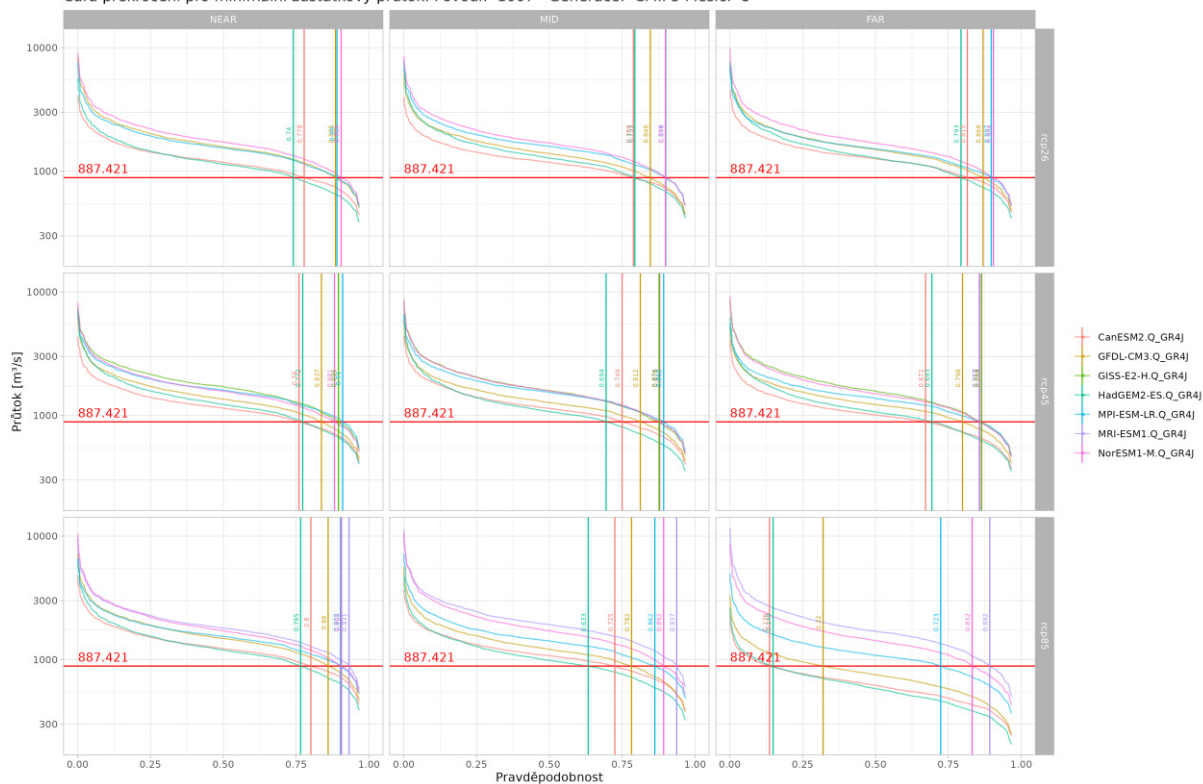


Srpen

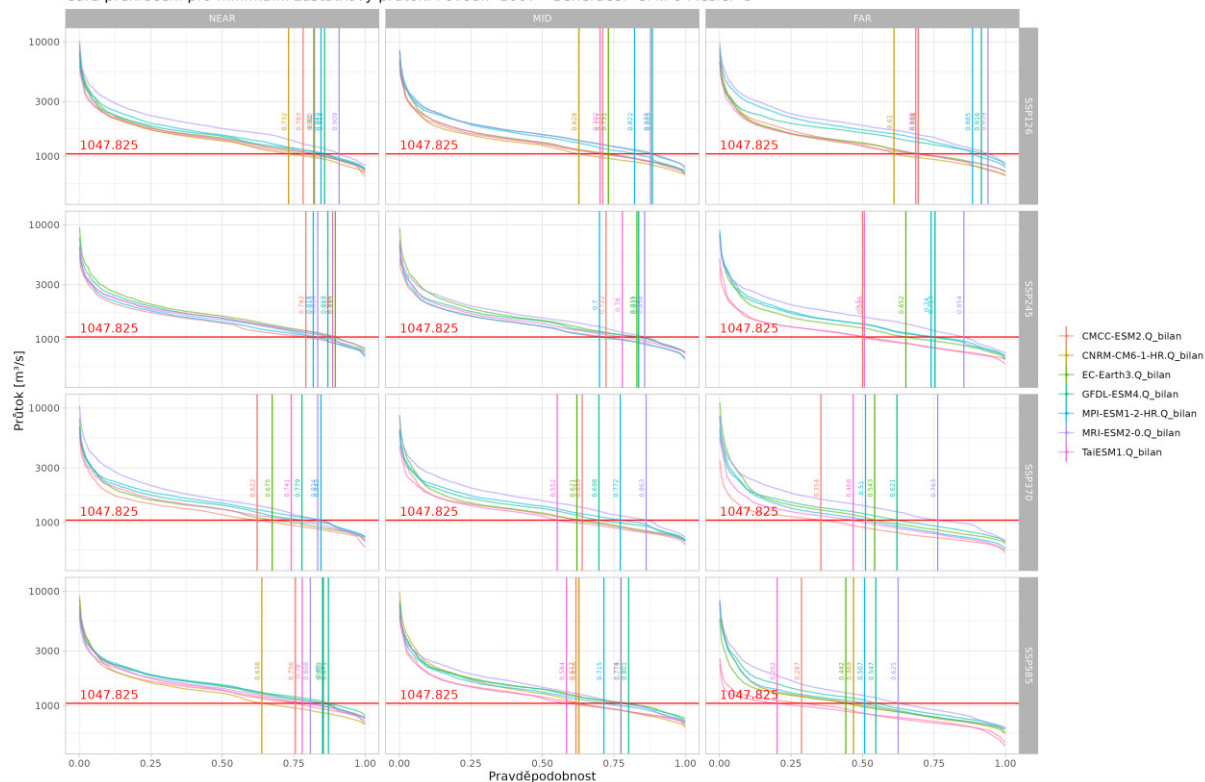
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 8



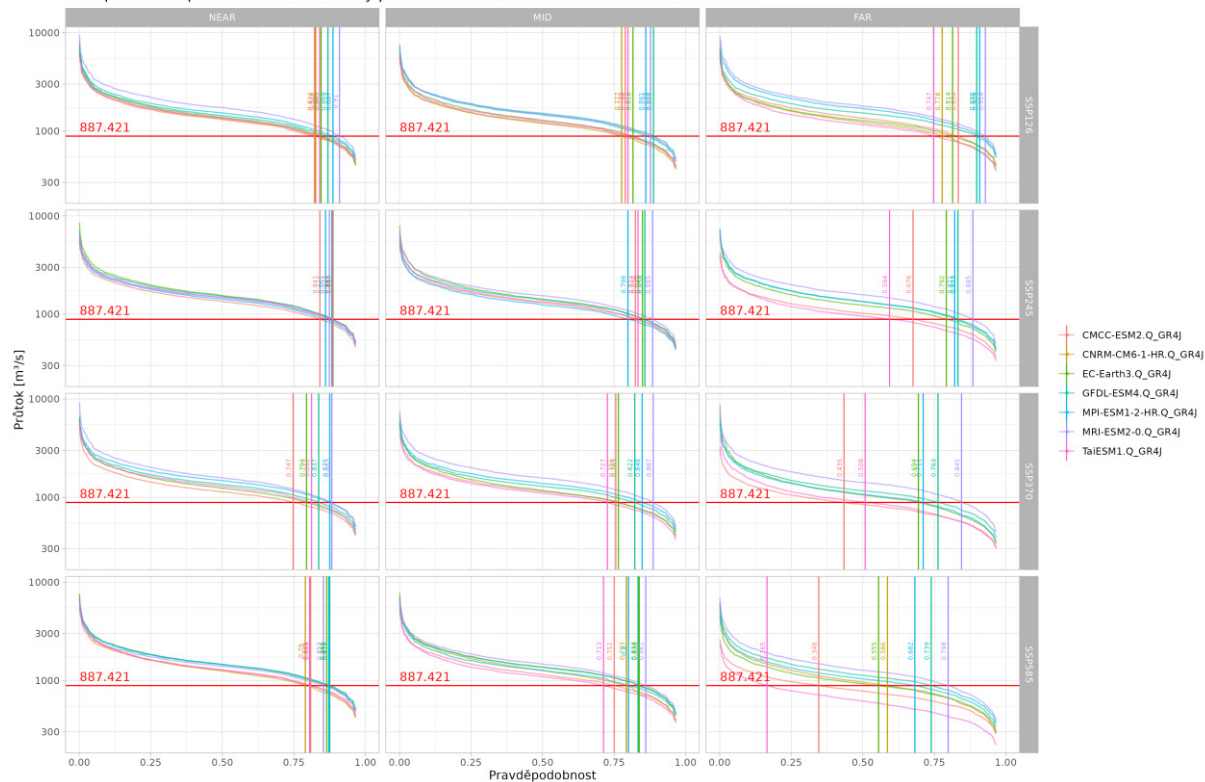
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 8



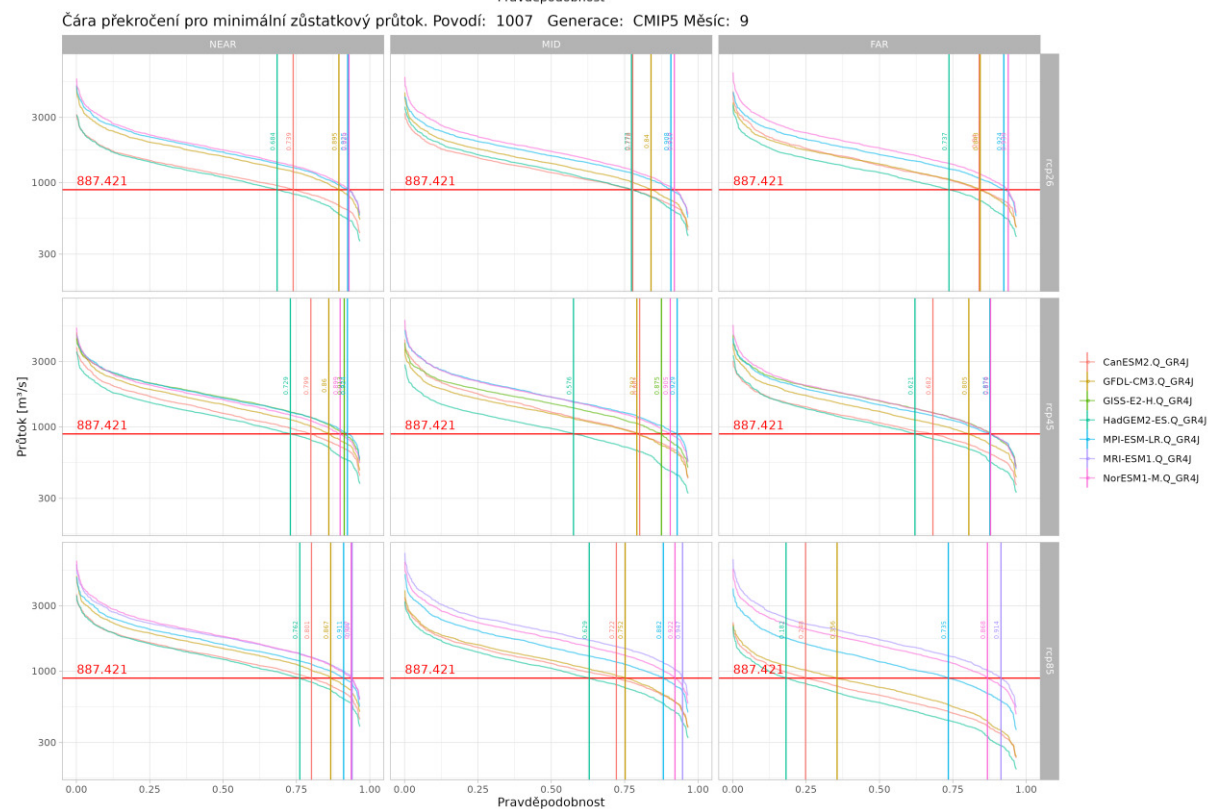
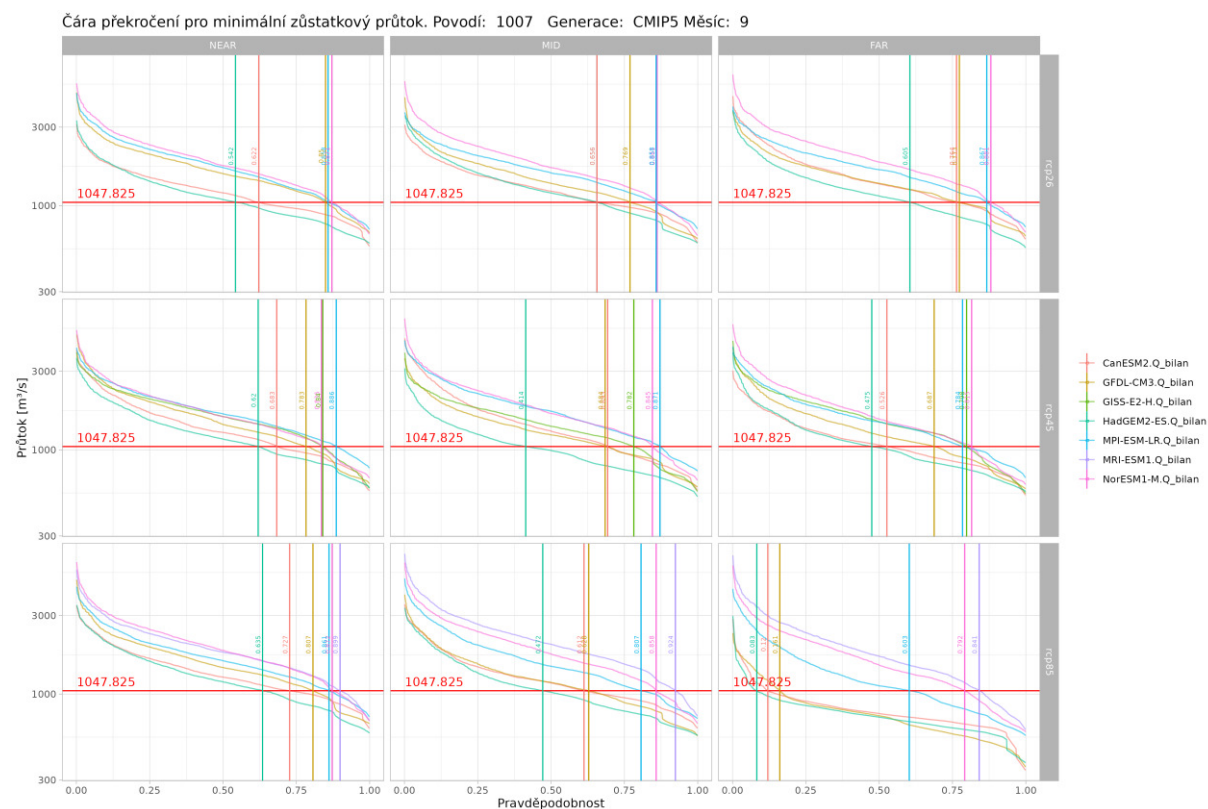
Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP6 Měsíc: 8

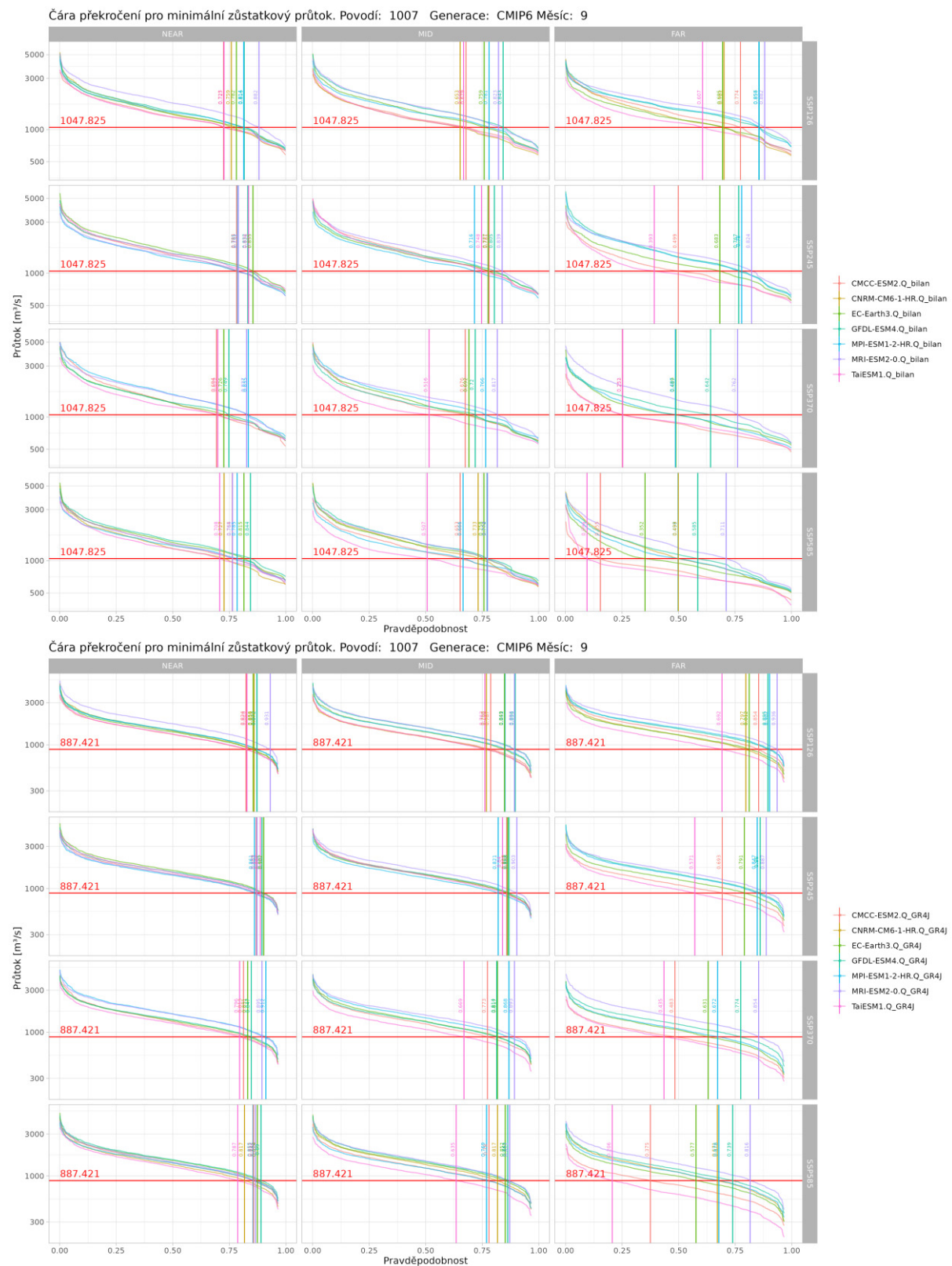


Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP6 Měsíc: 8

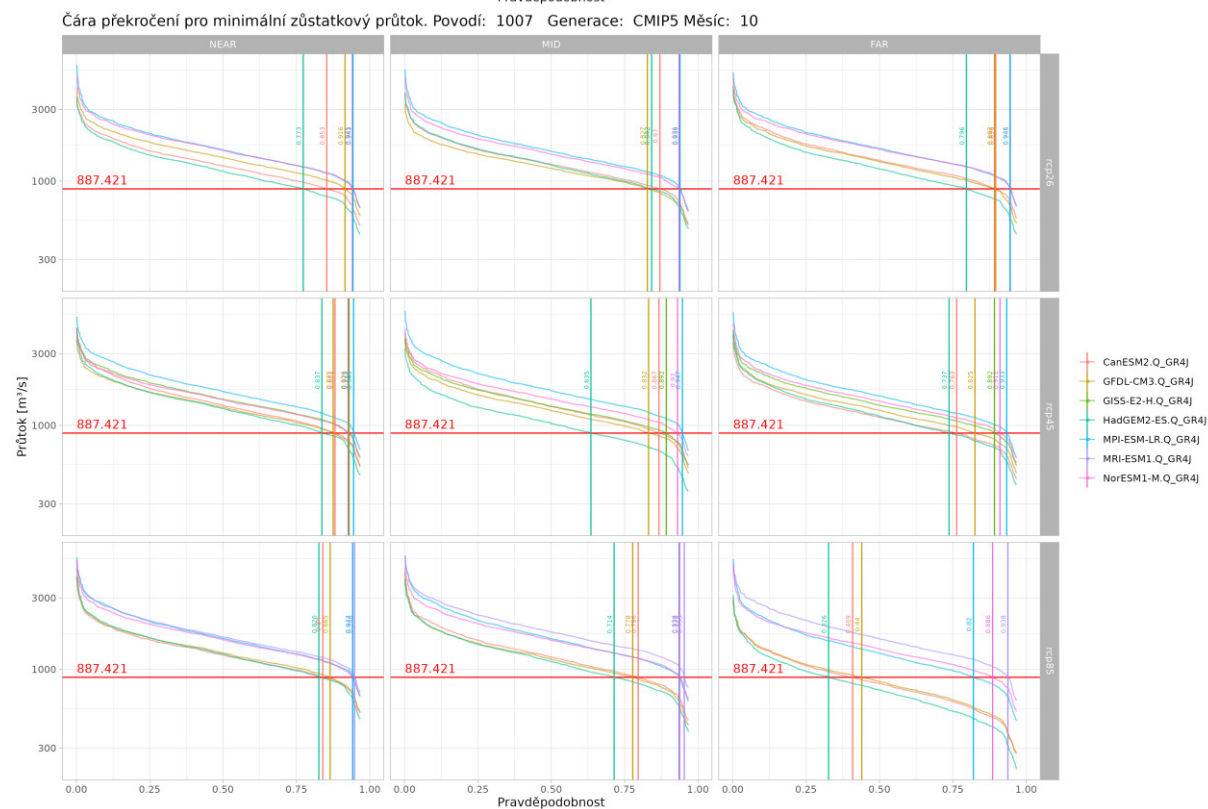
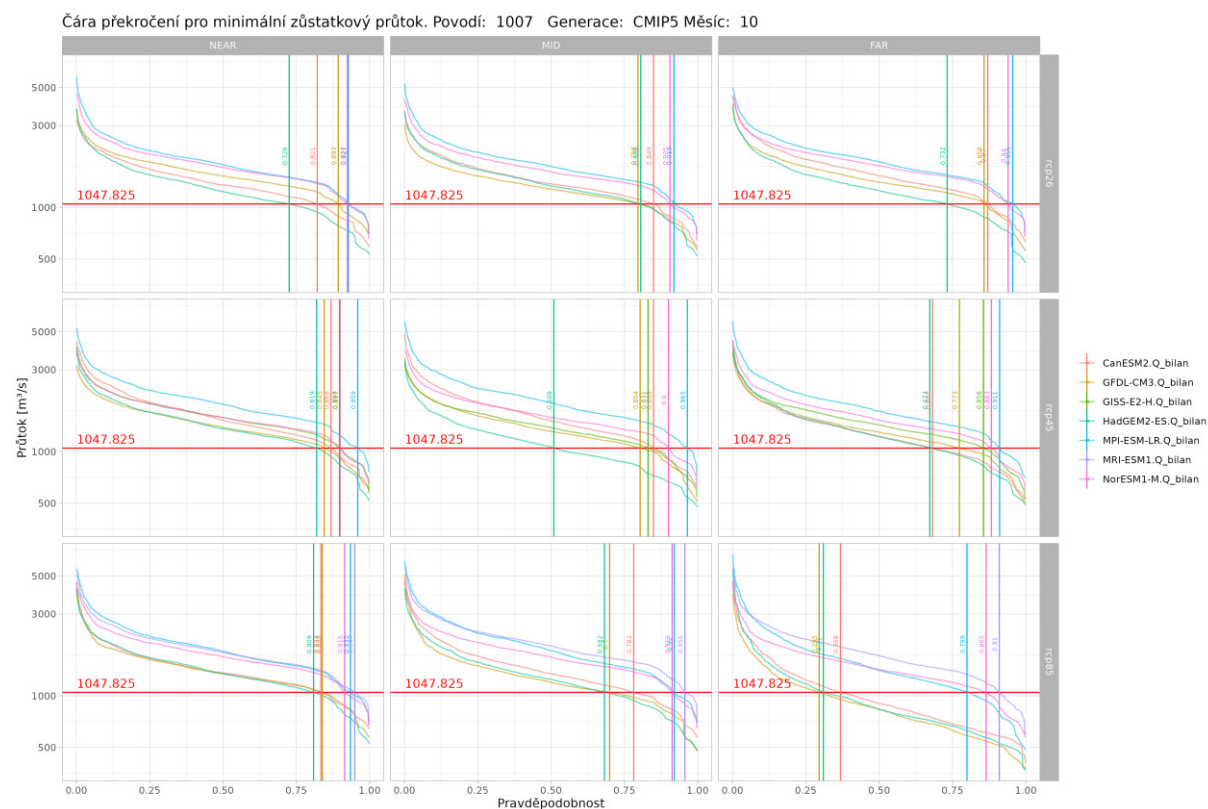


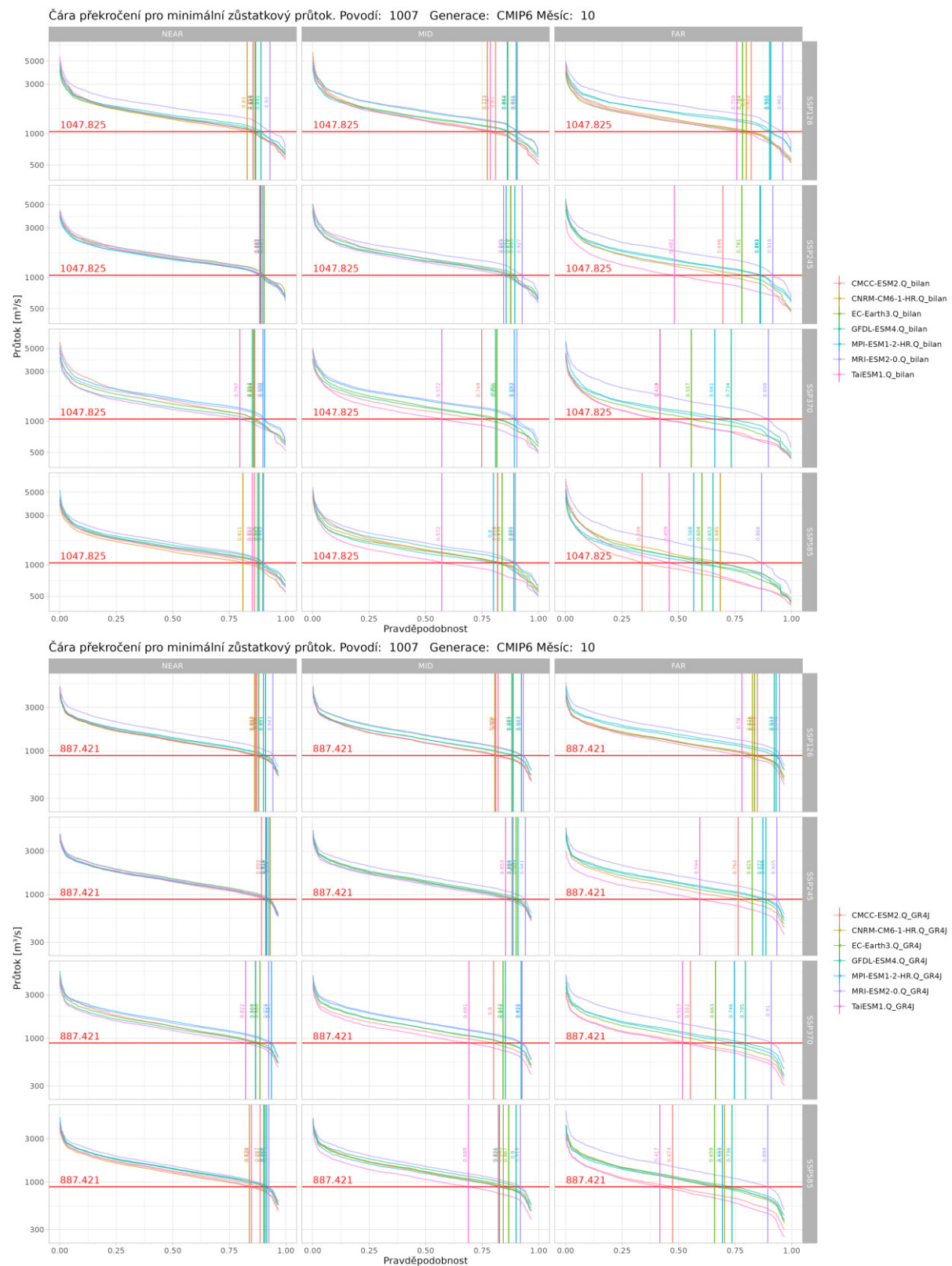
Září



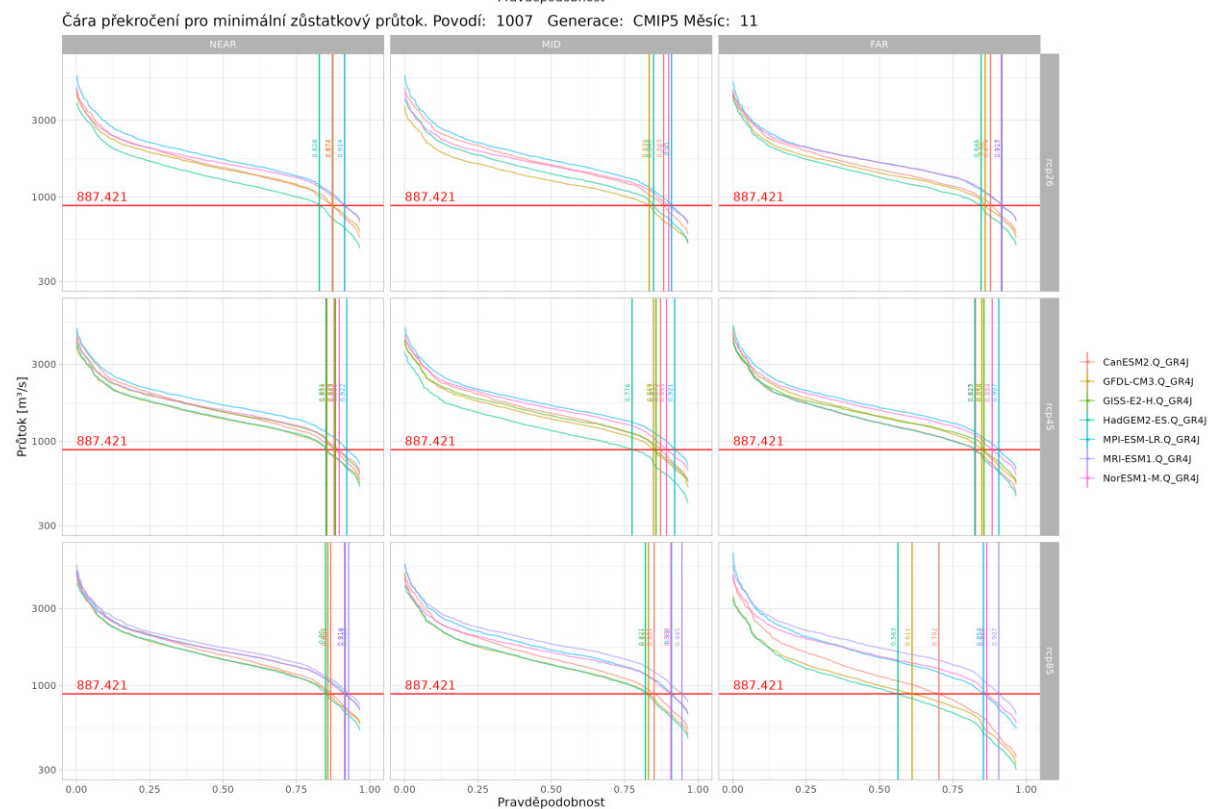
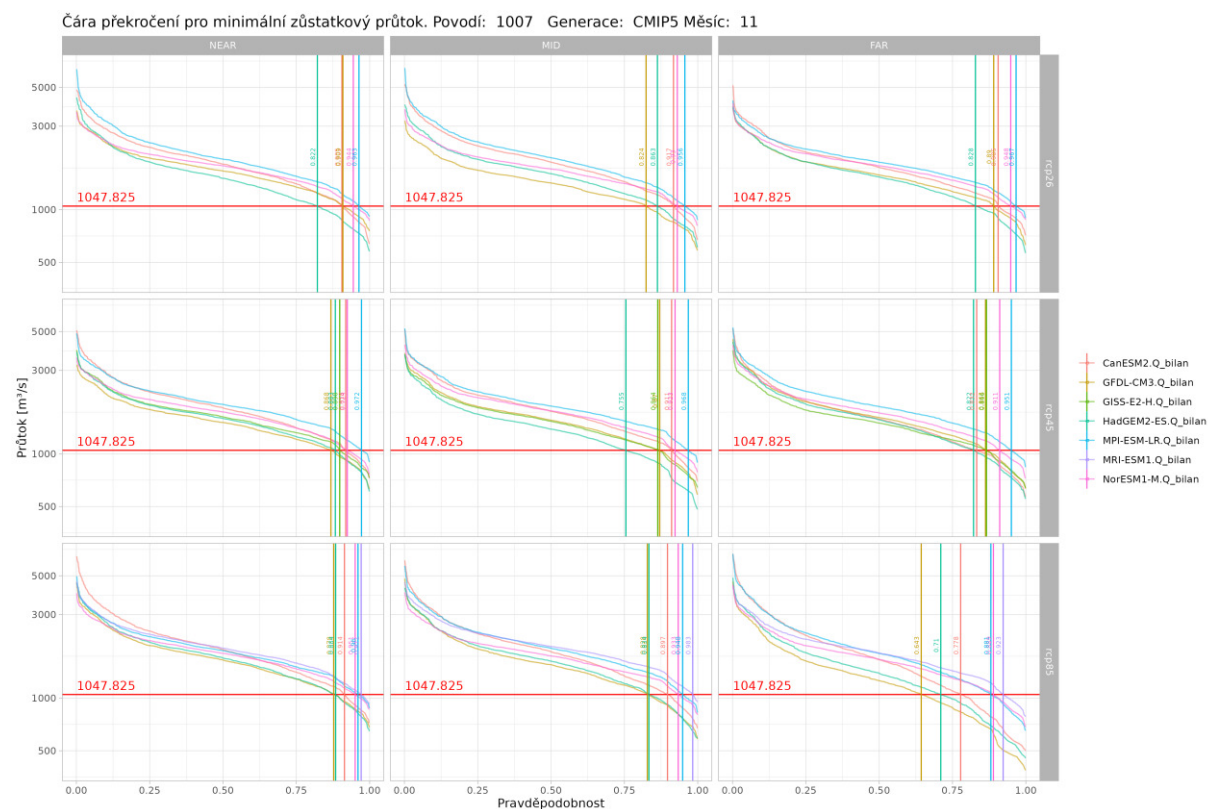


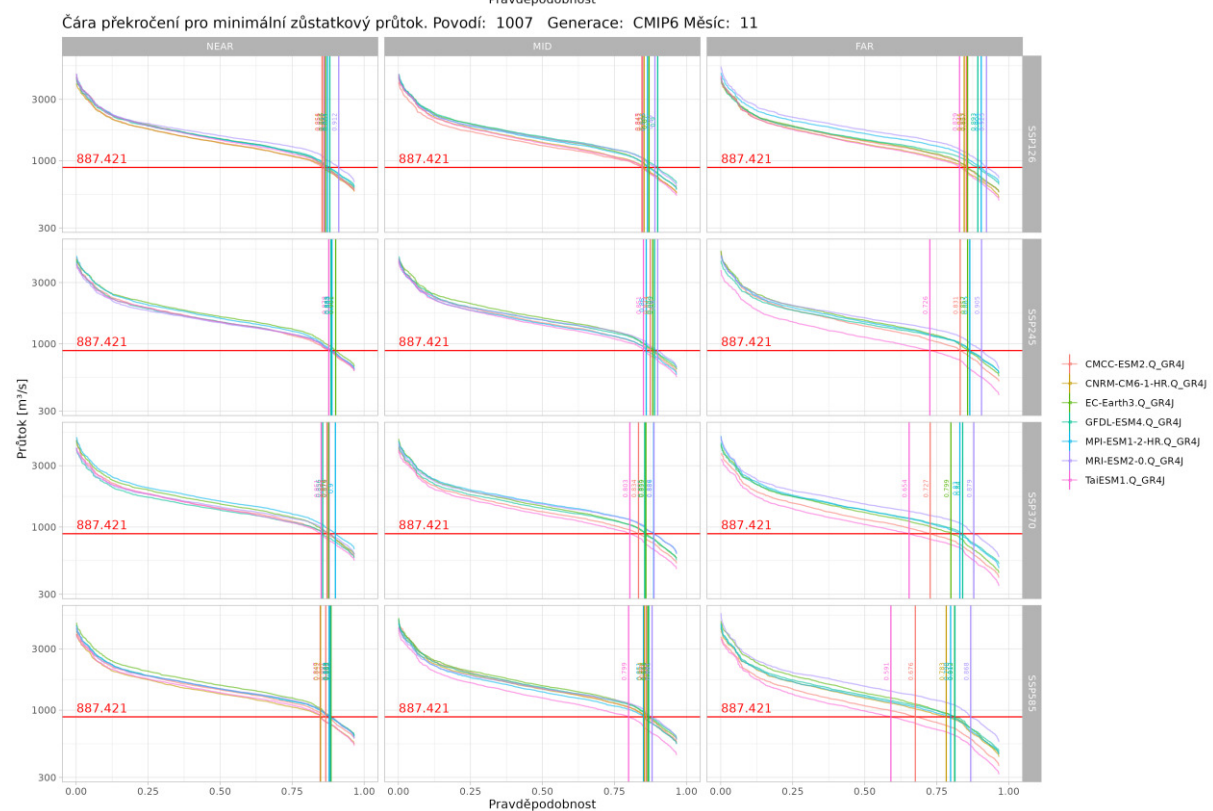
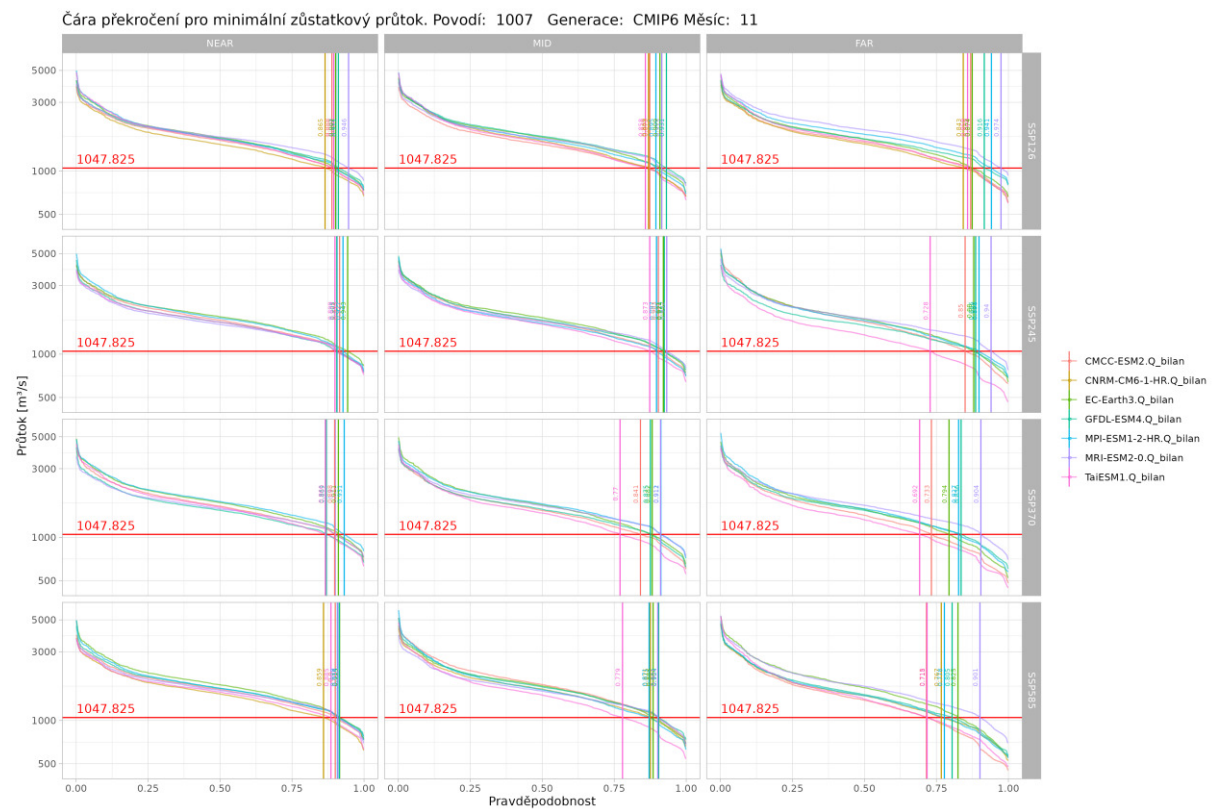
Říjen





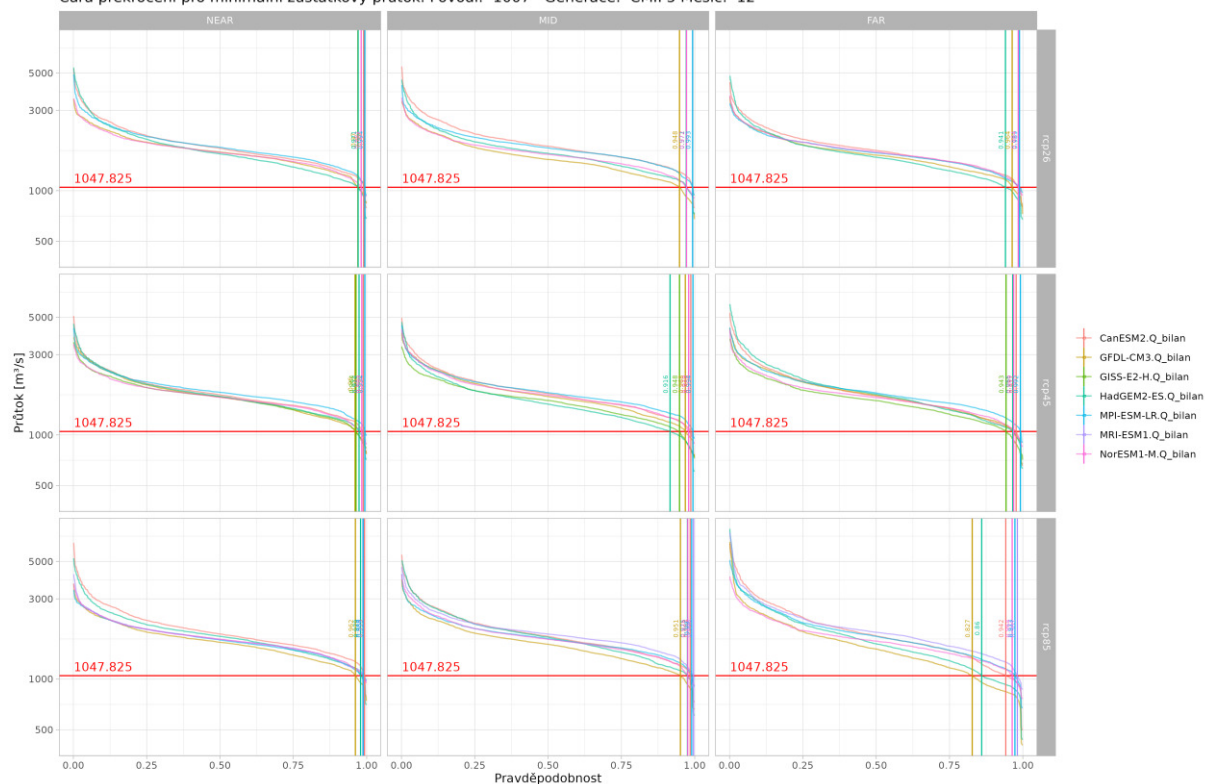
Listopad



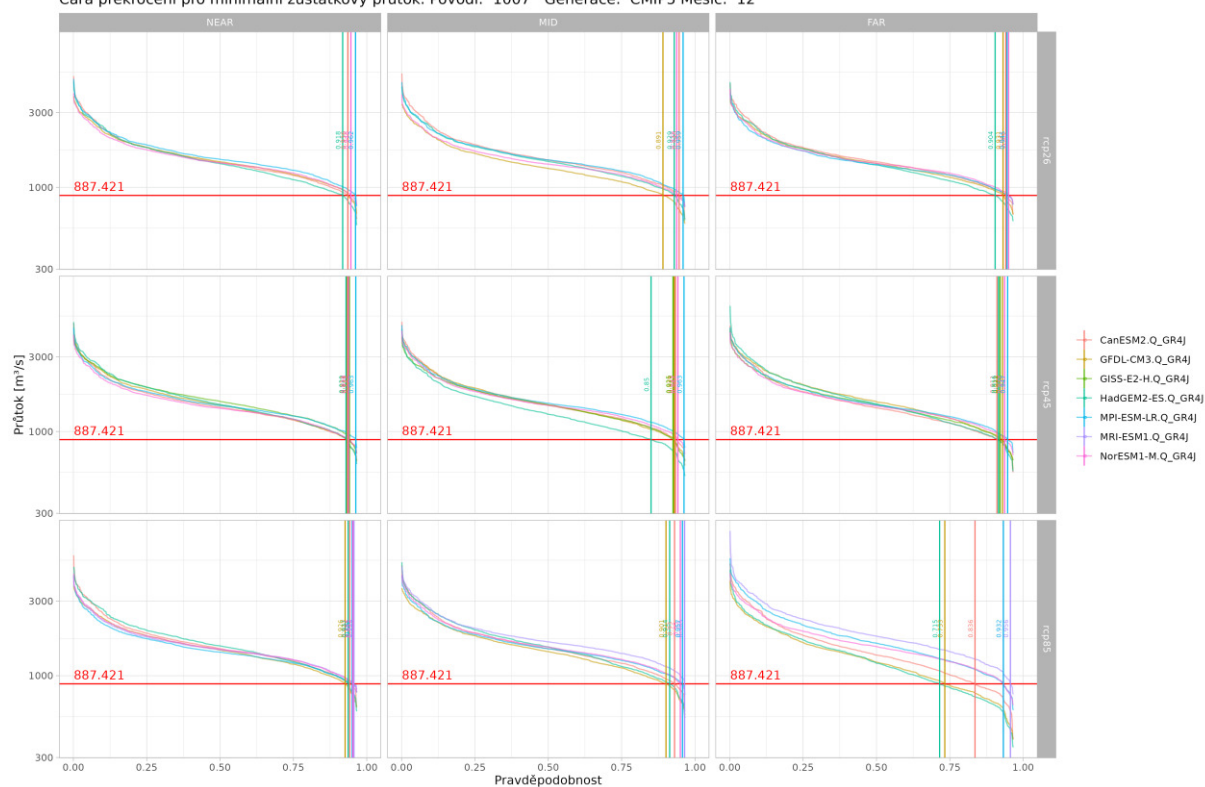


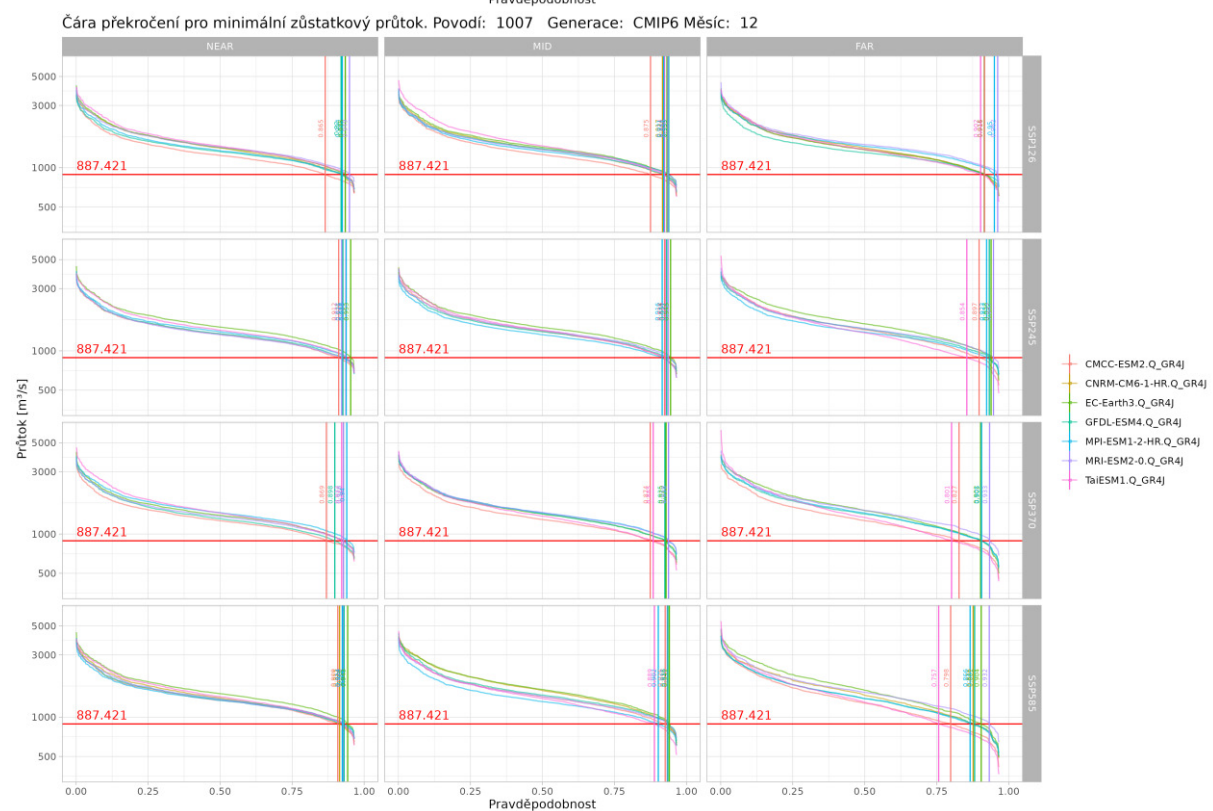
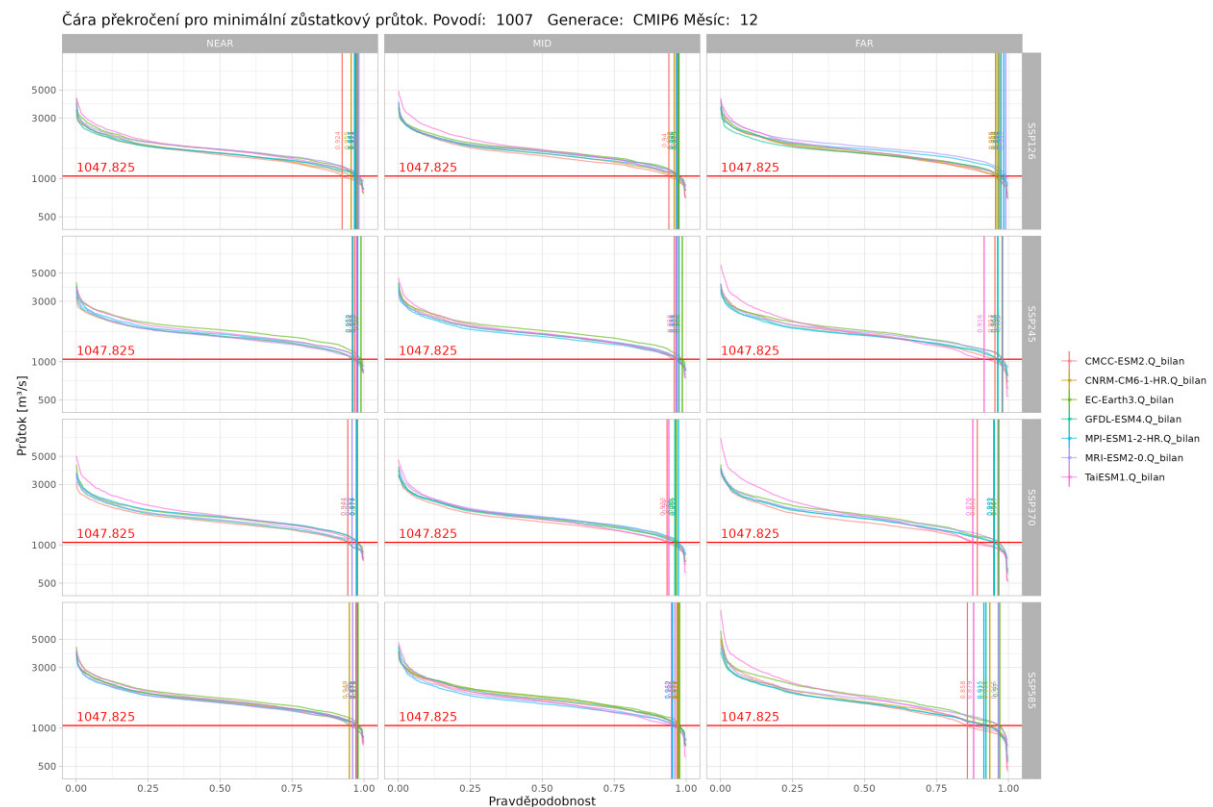
Prosinec

Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 12



Čára překročení pro minimální zůstatkový průtok. Povodí: 1007 Generace: CMIP5 Měsíc: 12





Zdroje

Belda, M., Skalák, P., Farda, A., Halenka, T., Déqué, M., Csimá, G., ... Spiridonov, V. (2015). CECILIA regional climate simulations for future climate: Analysis of climate change signal. *Advances in Meteorology*, 2015, 354727. <https://doi.org/10.1155/2015/354727>

Coron, L., Delaigue, O., Thirel, G., Dorchie, D., Perrin, C. and Michel, C. (2023). airGR: Suite of GR Hydrological Models for Precipitation-Runoff Modelling. R package version 1.7.6, doi: 10.15454/EX11NA, URL:<https://CRAN.R-project.org/package=airGR>.

Giorgi, F., Gutowski, W.J., (2015). Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. *Annual Review of Environment and Resources*, 40, 467-490.

Gupta, H. V., Kling, H., Yilmaz, K. K., & Martinez, G. F. (2009). Decomposition of the mean squared error and NSE performance criteria: Implications for improving hydrological

Meehl, G.A., T. L. Delworth, M. Latif, B. McAveney, J. F. B. Mitchell, R. J. Stouffer, and K. E. Taylor, (2007): The WCRP CMIP3 multimodel dataset: A new era in climate change research. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 88, 1383–1394, doi:10.1175/BAMS-88-9-1383.

Metodický pokyn č. 9 odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích (1998). *Věstník Ministerstva životního prostředí*. 1998, 5, s. 1-3. ISSN 0862-9013. modelling. *Journal of Hydrology*, 377(1-2), 80-91. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.003>

Nash J. E. a Sutcliffe J. V., 1970. Not to be reproduced by photoprint or microfilm without written permission from the publisher RIVER FLOW FORECASTING THROUGH CONCEPTUAL MODELS PART I-A DISCUSSION OF PRINCIPLES*, s. 282–290.

Perrin, C., Michel, C., & Andréassian, V. (2003). Improvement of a parsimonious model for streamflow simulation. *Journal of Hydrology*, 279(1–4), 275–289. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00225-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00225-7)

Taylor, K.E., Stouffer, R.J. and Meehl, G.A. (2012). An Overview of CMIP5 and the Experimental Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 485-498. <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>

Van der Linden P and Mitchell JFB (eds) (2009). ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160 p

Vizina A., Horáček S., Hanel M. et al., 2015. Nové možnosti modelu Bilan. In: *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*.