



GLOBAL CHANGE
RESEARCH INSTITUTE CAS



CentrumVoda

T A
Č R

CENTRUM VODA

Návrh postupu využití aktuálních scénářů klimatické změny pro vybrané hydrologické aplikace

Praha, 19/11/2024

Miroslav Trnka, Jana Bernsteinová, Václav Rára, Petr Štěpánek, Petr Skalák, Milan Fischer, Evžen Zeman, Adam Vízina

Struktura přednášky

- Krátké shrnutí trendů
- Klimatické scénáře – RCM vs. GCM
- Představení simulačního nástroje – digitální dvojče
- Ukázka pilotní aplikace scénářů klimatické změny pro získání znalostí pro doporeční práce v Centru Voda
- Závěry

Vývoj teplot v posledních 221 letech...

Průměrná roční teplota vzduchu 1775-2021, Česká republika



Roky s nejvyššími ročními hodnotami:
2018, 2019, 2015, 2014, 2020

Roky s nejnižšími ročními hodnotami:
1829, 1786, 1799, 1785, 1805

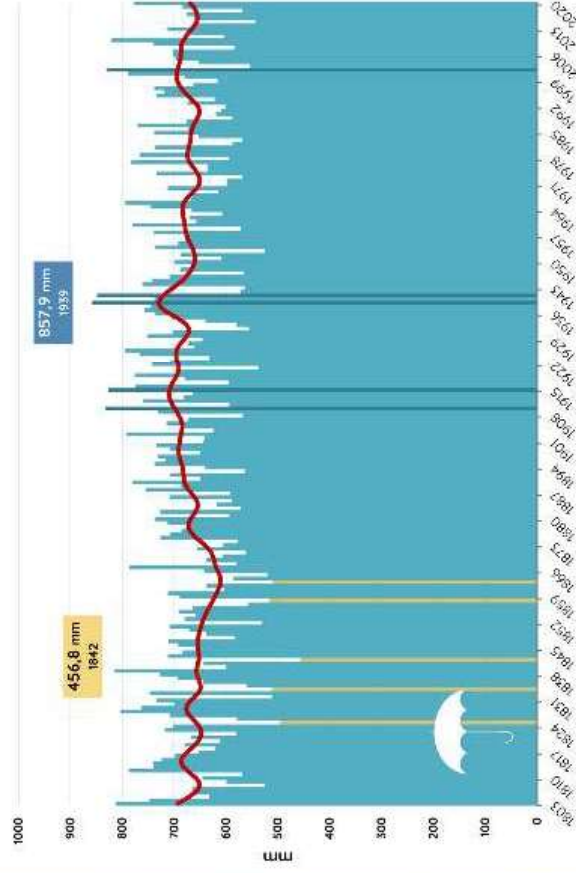
Barva odkády vyznačuje je nadprůměrné (červený) a podprůměrné (modrý) dekadů. ve srovnání s celkovým průměrem za období 1785 až 2020 (7,935 °C)

Graf ukazuje hodnoty průměrné roční teploty vzduchu v České republice za období 1775 až 2021. Uvedenou jsou roky s historicky nejvyšší, a naopak nejnižší hodnotou. Rychlý nárůst hodnot je patrný zejména od 80. let 20. století. Výběc nejteplejší byl zatím rok 2018. V desítec let s nejvyššími hodnotami teploty vzduchu je pouze jeden rok před rokem 2000 (rok 1994) a orvních pět let s nejvyšší hodnotou bylo pozorováno v roce 2014 či později. Menší graf výřvo ukazuje průměry v jednotlivých desetiletích od roku 1780 až 2020. Pod osou X hlavního grafu je zobrazeno změno oproti průměru předchozího desetiletí v °C (od 1791-1800 oproti 1781-1790, po 2011-2020 oproti 2001-2010), v hlavní grafu nahore jsou také významný rozdily mezi průměrnou teplotou posledního normálového období 1991-2020 a jednotlivými normály ve 20. století a poddesátiletými obdobími v 19. století. Zde je patrné, že zatímco v 19. století není pozorován žádný dlouhodobý trend, ve 20. století už je pozorován pozvolný nárůst, který se výrazně zrychlil v posledních letech hodnoceného období.

Zdroj: Březal et al. 2021

Vývoj srážek v posledních 221 letech...

Roční úhrn srážek 1803–2020, Česká republika

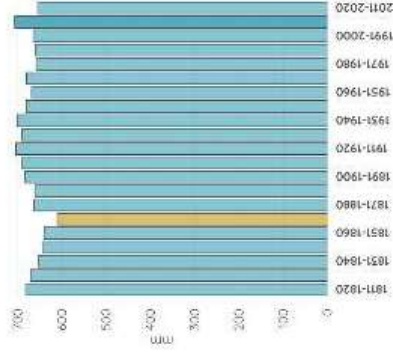


Roky s nejvyššími
ročními úhrny

1939, 1941, 1910, 2002, 1915

Roky s nejnižšími
ročními úhrny

1842, 1825, 1863, 1834, 1858



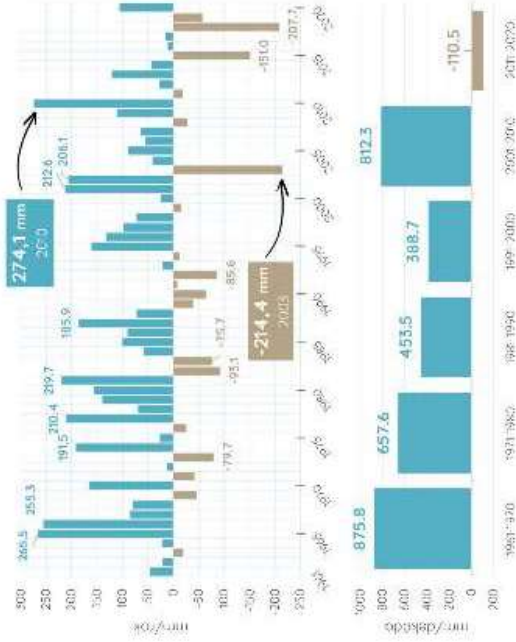
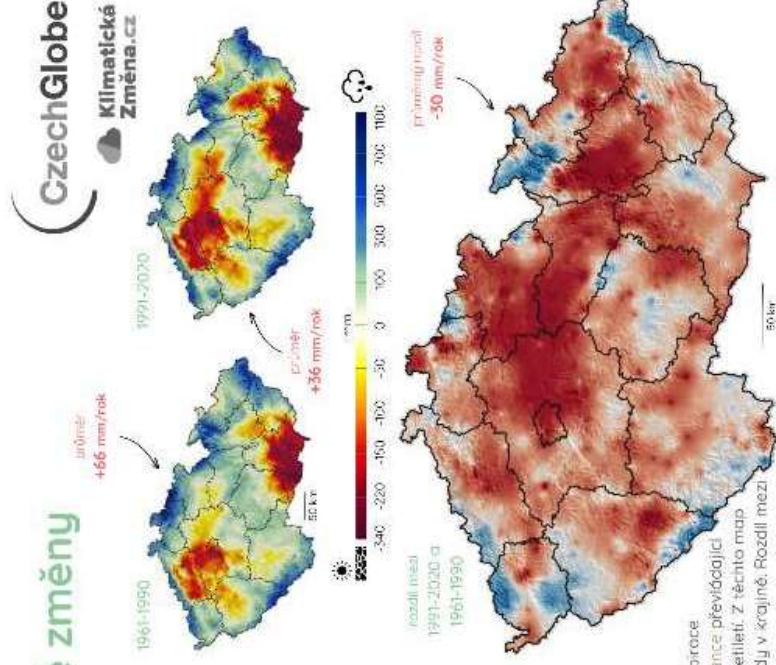
Hlavní graf ukazuje hodnoty ročních úhrnů srážek v České republice za období 1803 až 2020. Vyznačeny jsou roky s historicky nejvyšším, a naopak nejnižším úhrnem. Menší graf vpravo ukazuje průměrný roční srážkový úhrn pro jednotlivá desetiletí od 1811–1820 až po 2011–2020. Z grafů je patrné, že se průměrný roční úhrn v průběhu času dlouhodobě nemění a není pozorován statisticky významný dlouhodobý trend. Krátkodobě je v některých obdobích trend významný, avšak někdy je klesající, jindy stoupající a dlouhodobě se tak průměrný úhrn nemění.

To však neznamená, že k žádným změnám v chodu srážek dlouhodobě nedochází. Celkový úhrn totiž nerfka nic o distribuci srážek v průběhu roku, tedy například o tom, zda srážky spadly během několika srážkově velmi intenzivních epizod, či během dlouhodobých méně intenzivních dešťů.

Zdroj: Bratři s. CzechGlobe

Vývoj vodní bilance 1961-2020

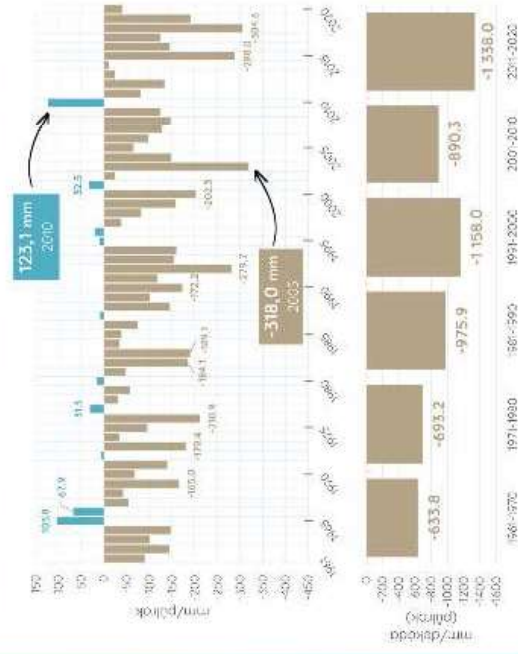
Vodní bilance a její dlouhodobé změny 1961-2020, Česká republika



Vodní bilance ukazuje rozdíl mezi množstvím srážek a mírou potenciální evapotranspirace (vypařování). Kladná bilance značí převládající srážky a přebytek vody, záporná bilance převládající výpar a nedostatek vody. Dvě menší mapy ukazují celkovou vodní bilanci za dvě třicetiletí. Z těchto map je patrné, že období 1991-2020 ukazuje nižší hodnoty vodní bilance a větší úbytek vody v krajíně. Rozdíl mezi dvěma mapami vpravo nahoře ukazuje velká mapa, kde jednoznačně převládají červené odstíny, které reprezentují snížení hodnoty vodní bilance. Dlouhodobě je nejvíce pozorována záporná vodní bilance v oblasti jižní Moravy, v menší míře také ve středních Čechách a části Ústeckého kraje. Nejvíce ale během třicetiletí došlo k úbytku vody v oblasti jižní a západní části Středočeského a Olomouckého. Naopak pozitivní posun je možné pozorovat na jen velmi malém území, zejména v horských oblastech. Celkovou průměrnou vodní bilanci za jednotlivé roky ukazuje graf vlevo nahoře. Graf pod ním ukazuje vodní bilanci pro jednotlivá desetiletí. Zde je vidět dlouhodobě sestupný trend a fakt, že v posledním desetiletí hodnoceného období (2011-2020) byla v jako jediném hodnoceném desetiletí celková vodní bilance pro ČR záporná. Primárně je to dáno velmi suchými roky 2015, 2018 a 2019.

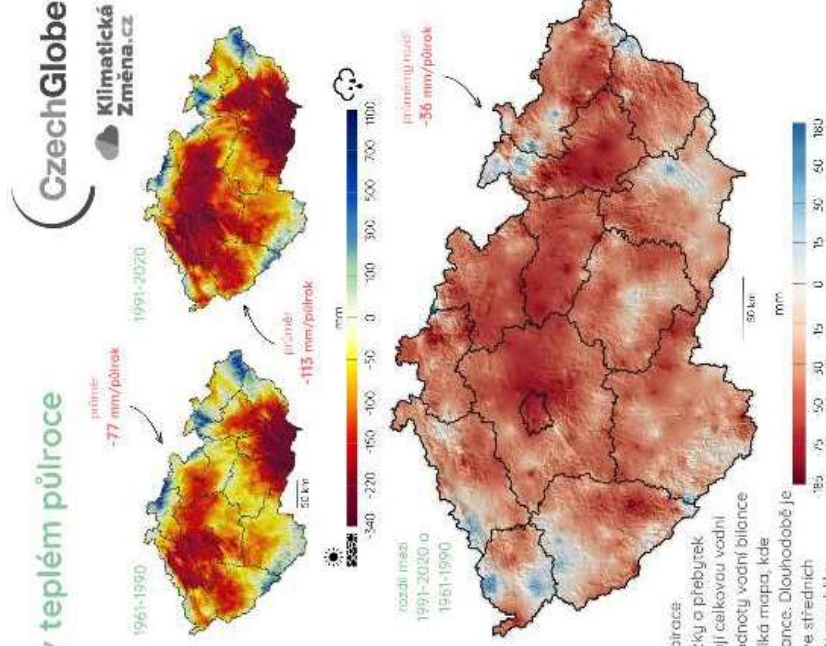
Vývoj vodní bilance teplém půlroce 1961-2020

Vodní bilance a její dlouhodobé změny v teplém půlroce duben-září, 1961-2020, Česká republika



Vodní bilance ukazuje rozdíl mezi množstvím srážek a mírou potencionální evapotranspirace (vypařování) v teplém půlroce (duben až září). Kladné bilance značí převládající srážky a přebytek vody, záporná bilance převládající výpar a nedostatek vody. Dvě menší mapy ukazují celkovou vodní bilanci za dvě třicetiletí. Z těchto map je patrné, že období 1991-2020 ukazuje nižší hodnoty vodní bilance a větší úbytek vody v krajíně. Rozdíl mezi dvěma mapami vpravo nahoře ukazuje velká mapa, kde jednoznačně převládají červené odstíny, které reprezentují snížení hodnoty vodní bilance. Dlouhodobě je nejvíce pozorována záporná vodní bilance v oblasti jižní Moravy, v menší míře také ve středních a severních Čechách. Nejvíce ale během třicetiletí došlo k úbytku vláh v severní části republiky. Naopak pozitivní posun je možné pozorovat jen velmi výjimečně v některých částech nejzápadnějšího cípu republiky a na severu Olomouckého kraje.

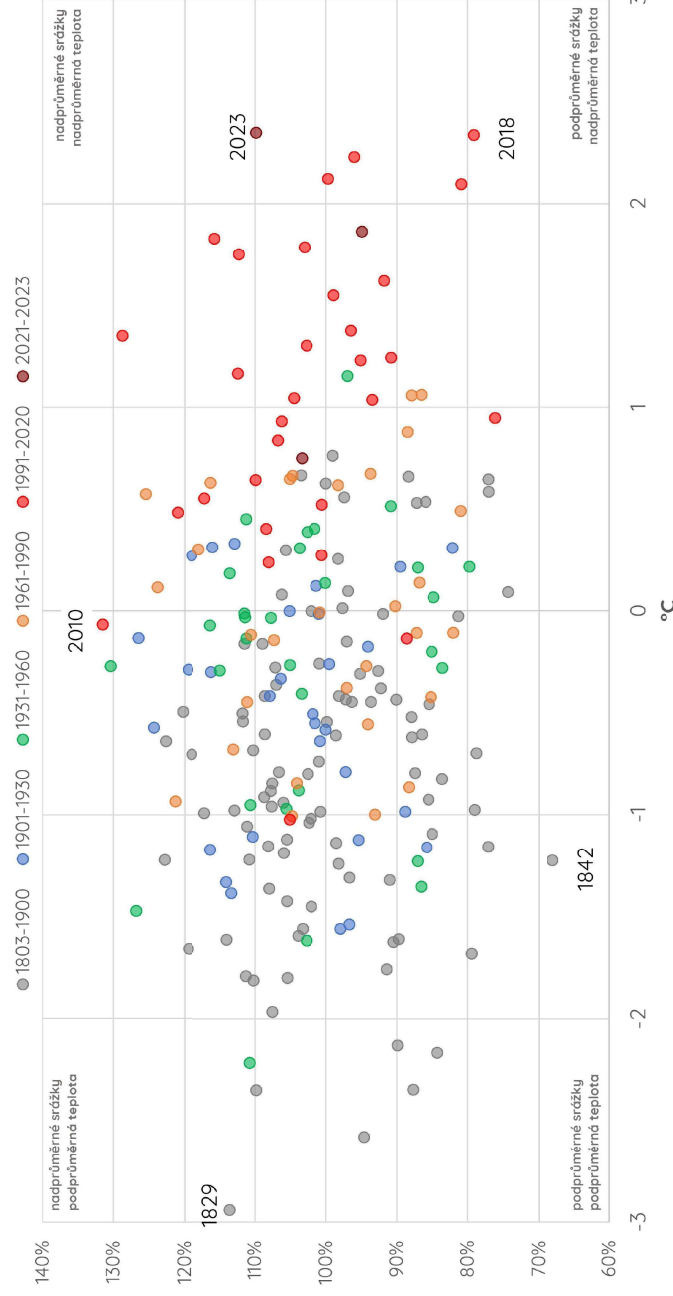
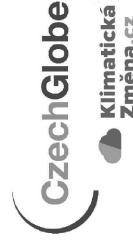
Celková průměrnou vodní bilanci za jednotlivé půlroky ukazuje graf vlevo nahoře. Graf pod ním ukazuje vodní bilanci v teplém půlroce pro jednotlivá desetiletí. Zde je vidět dlouhodobě sestupný trend a fakt, že v posledním desetiletí (hodnoceného období (2011-2020)) byla vodní bilance v teplém půlroce nejvíce záporná. Primárně je to dáno velmi suchými roky 2015, 2018 a 2019. Z celkového počtu, 60 půlroků byla kladná bilance pozorována pouze v 10 z nich.



CzechGlobe
Klimatická Změna.cz

Sustes – AdAgriF vztah teplot vs. Srážek v posledních 221 letech...

Průměrná teplota vzduchu a srážkový úhrn 1803–2023, Česká republika

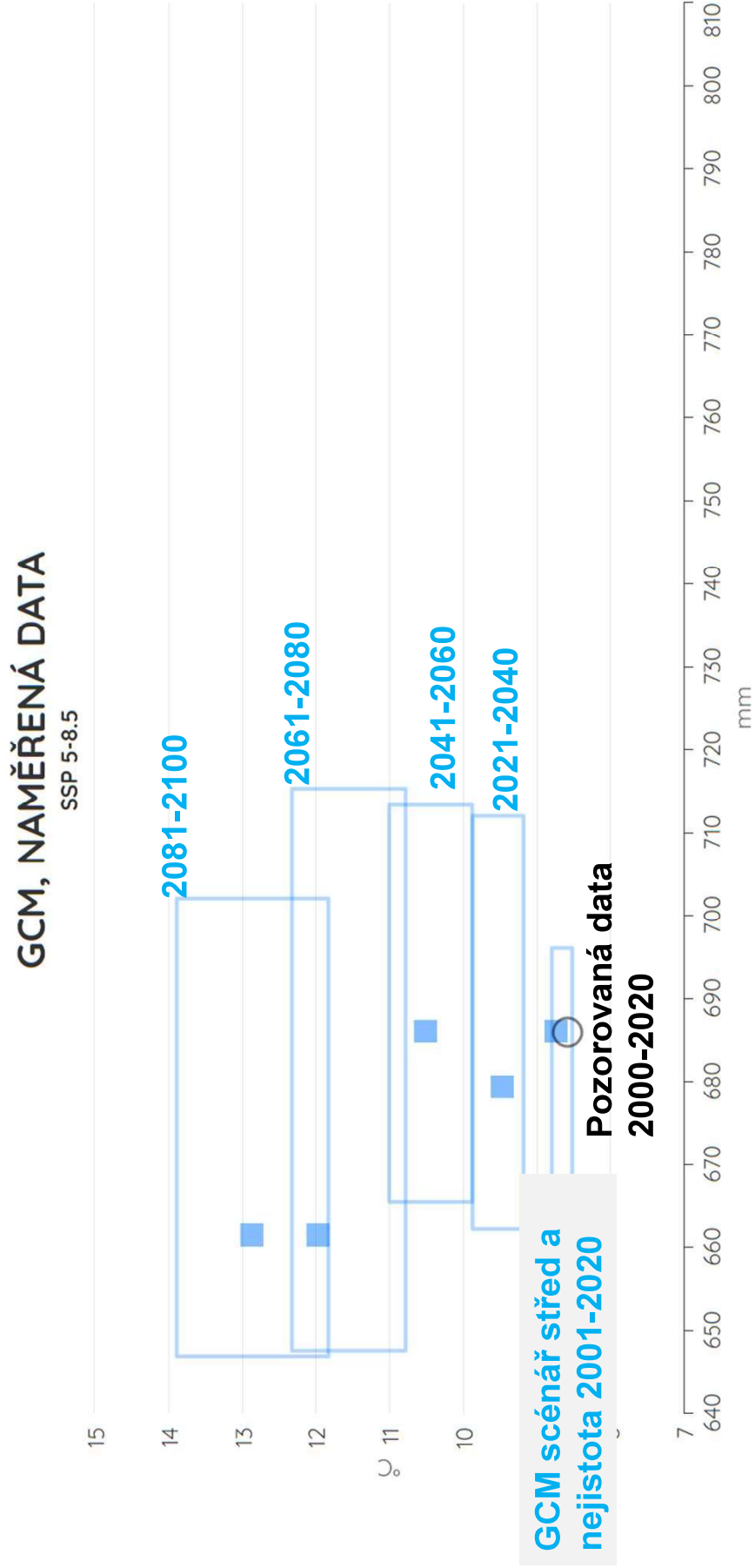


1. Teplejší roky obecně nemají statisticky významně vyšší nebo nižší srážky;
2. Vztah je nesignifikantní, ale současně mírně převažuje tendence k poklesu srážek za vyšších teplot!

V grafu představují jednotlivé body roky. Osa X vjadřuje odchylku průměrné roční teploty vzduchu od průměru 1961–1990, osa Y podíl průměrného srážkového úhrnu v daném roce z průměru 1961–1990. Barevně jsou oddělena různá období. V grafu jsou dále vyznačeny konkrétní roky, a to zejména u krajních, tedy v určitém smyslu extrémnějších let. Z grafu můžeme mj. vidět, že celkově nejteplejší byl rok 2023, naopak nejchladnější rok 1829.

Zdroj: Brazdil & CzechGlobe

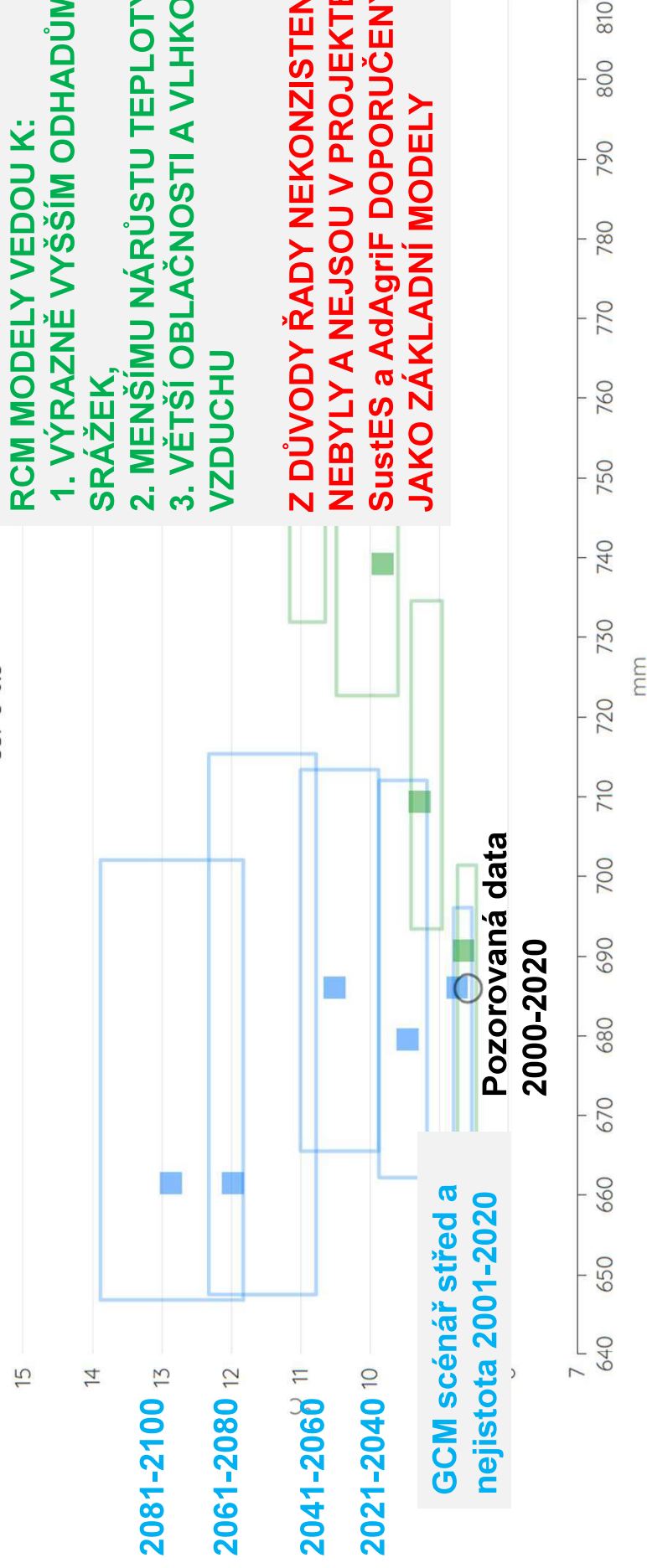
Sustes – AdAgriF vztah teplot vs. Srážek v odhadech



Sustes – AdAgriF vztah teplot vs. Srážek v odhadech i pro RCM Modely

GCM, RCM, NAMĚŘENÁ DATA

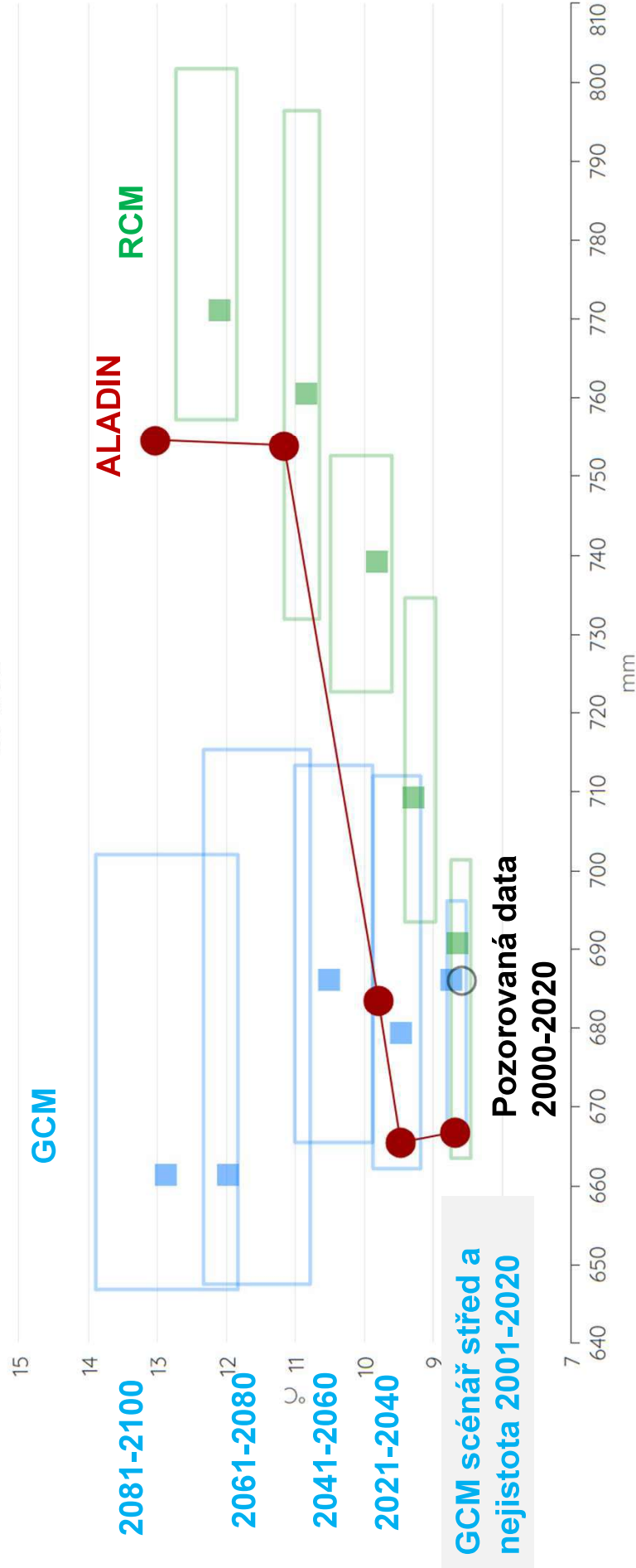
SSP 5-8.5



Sustes – AdAgriF - GCM V POROVNÁNÍ RCM A ALADIN

GCM, RCM, ALADIN, NAMĚŘENÁ DATA

SSP 5-8.5

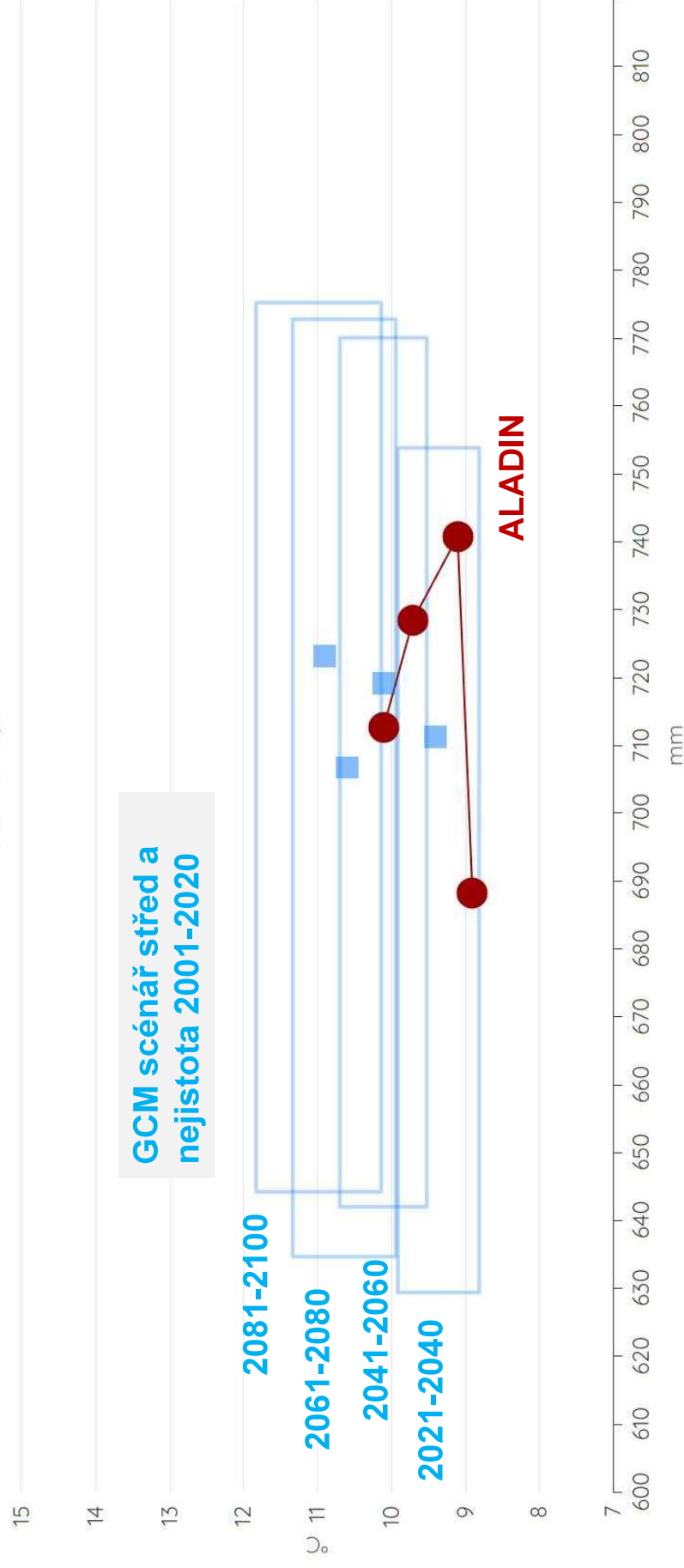


GCM scénář střed a nejistota 2001-2020

Pozorovaná data 2000-2020

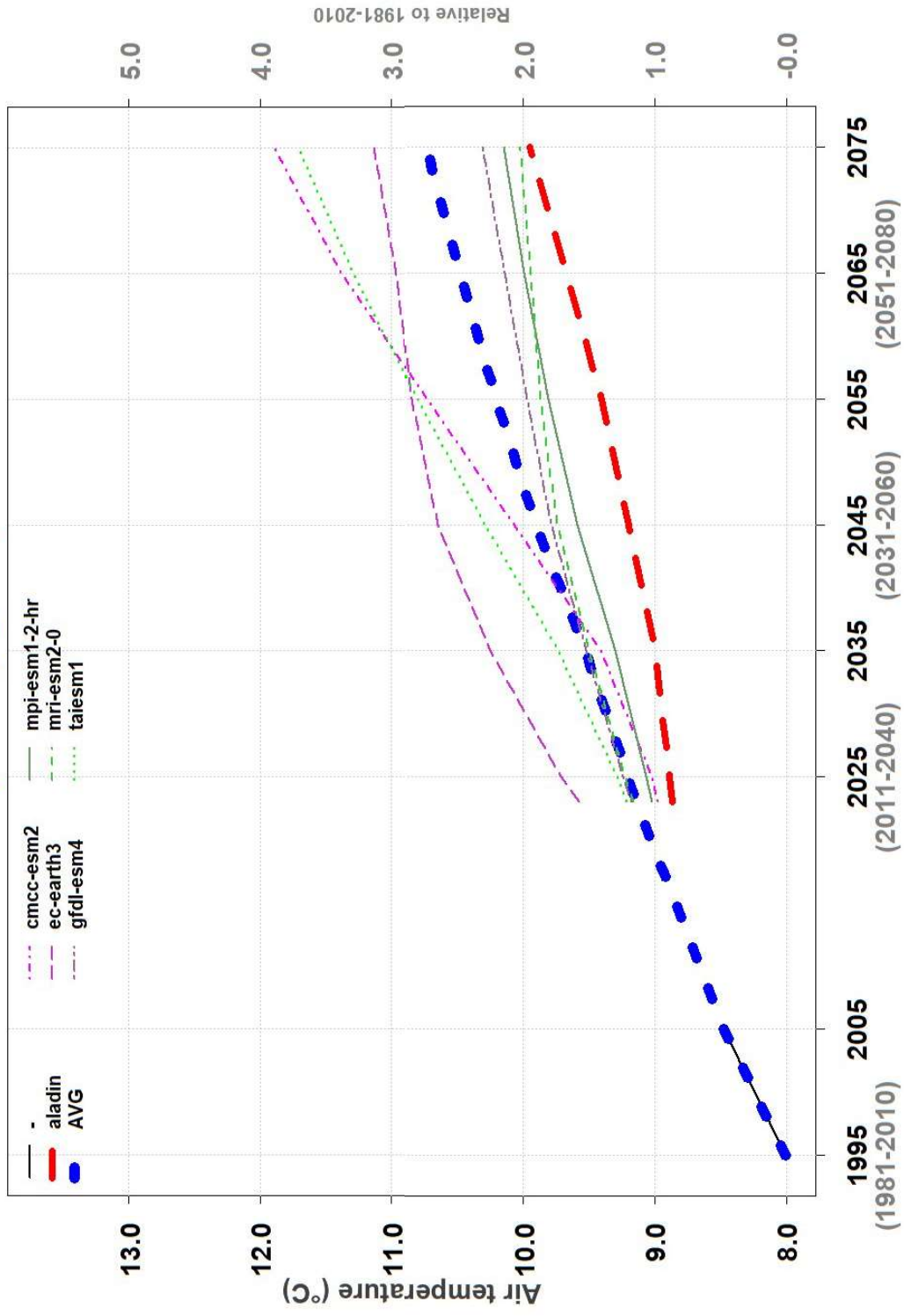
Sustes – AdAgriF - GCM V POROVNÁNÍ RCM A ALADIN

SSP2-4,5



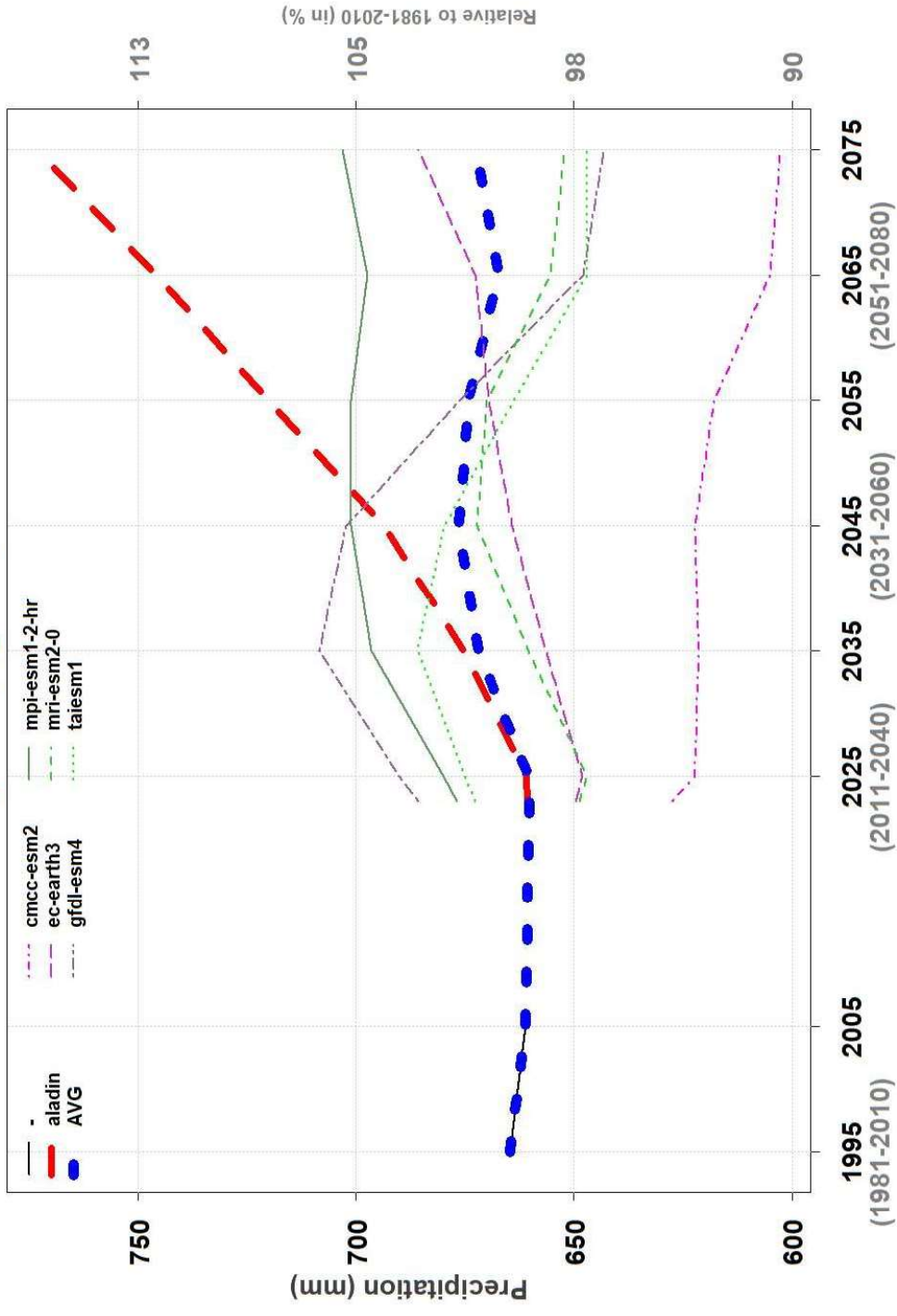
Sustes – AdAgrif – PERUN

Air temperature, N_YEAR, SSP245



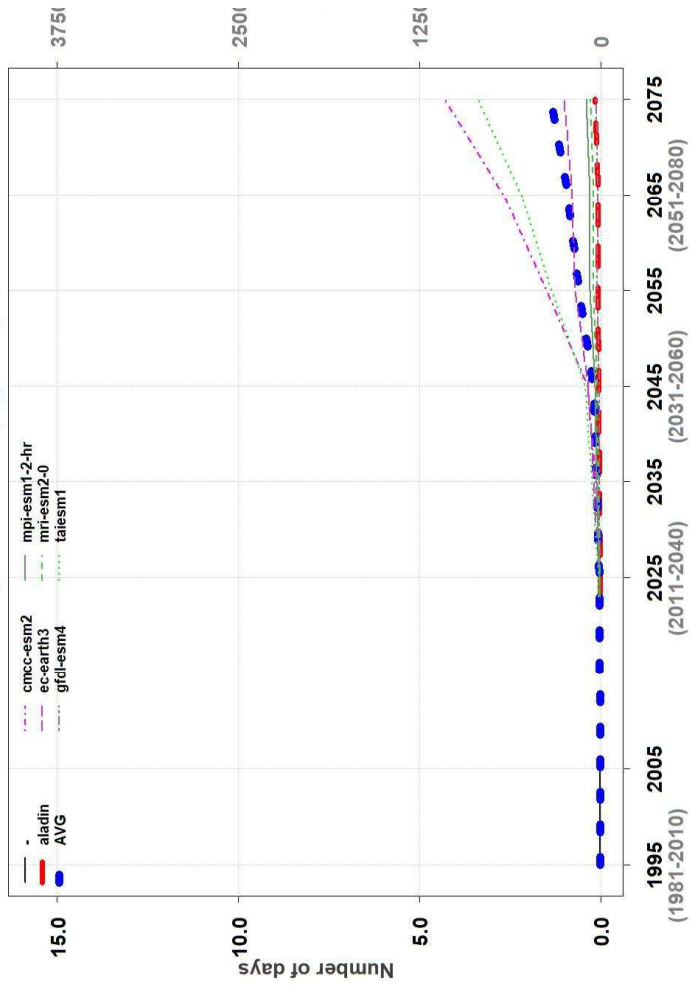
Sustes – AdAgrif – PERUN

Precipitation, N_YEAR, SSP585

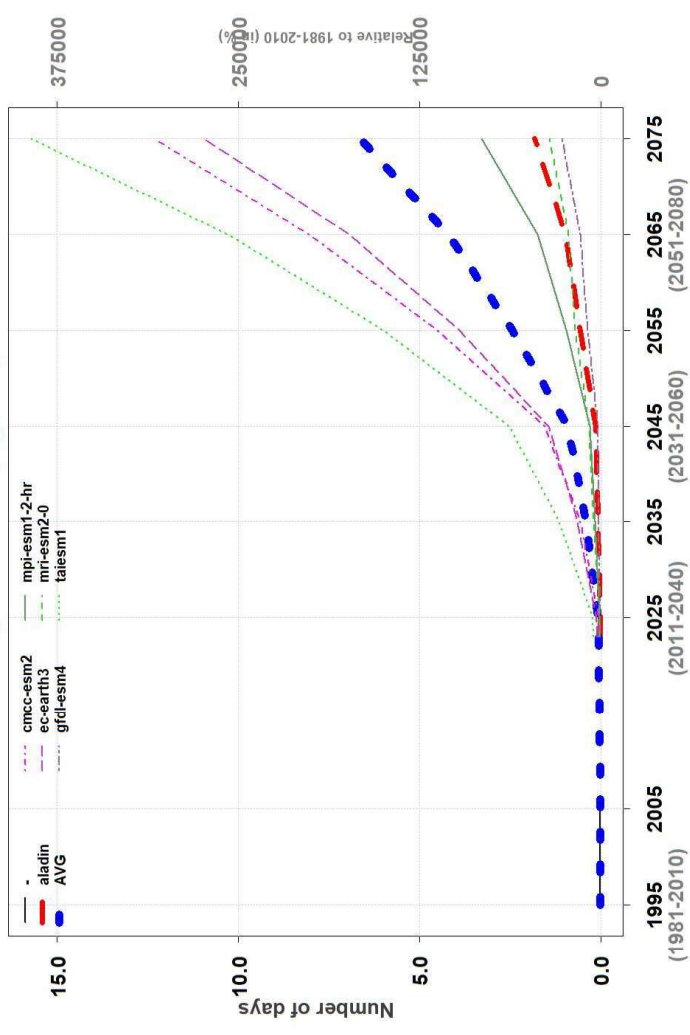


Sustes – AdAgrif – PERUN

Number of days in heat wave, N_YEAR, SSP245

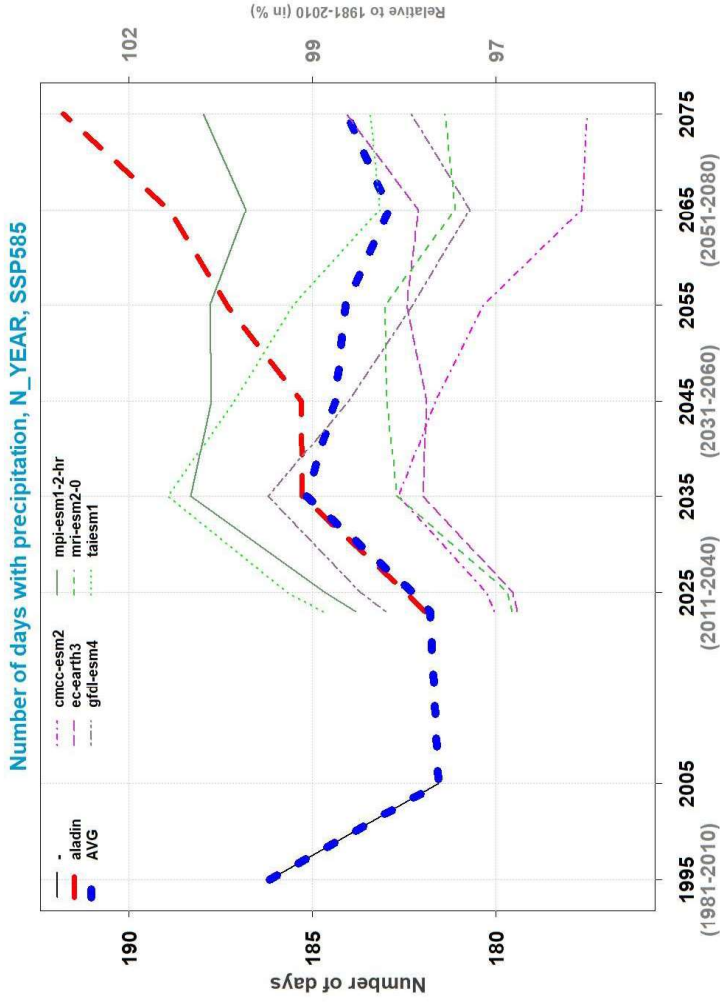
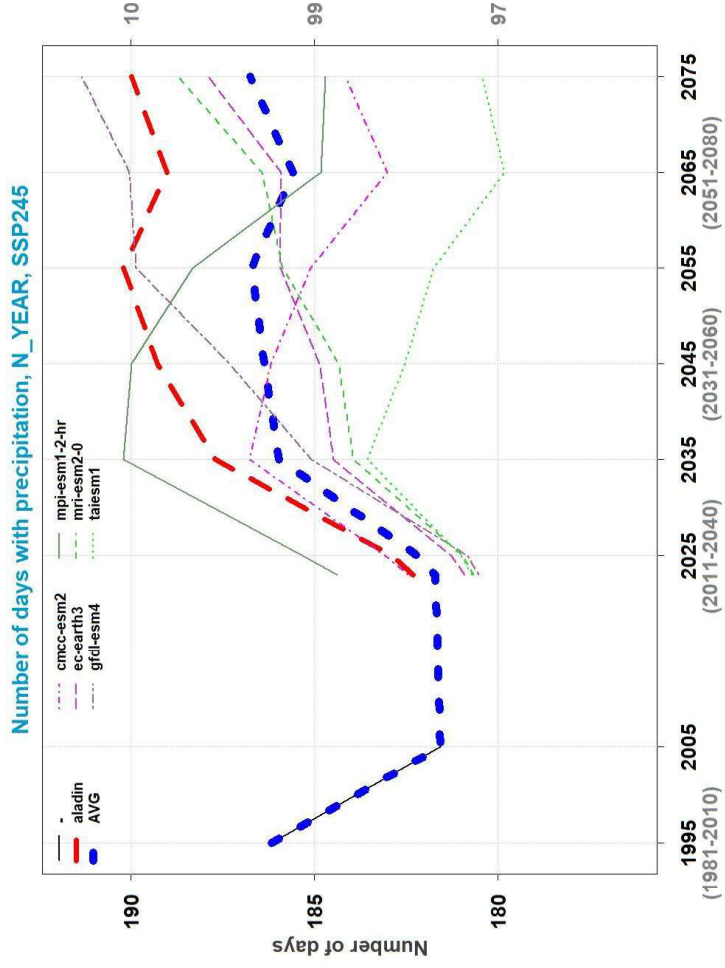


Number of days in heat wave, N_YEAR, SSP585



Relative to 1981-2010 (%)

Sustes – AdAgrif – PERUN

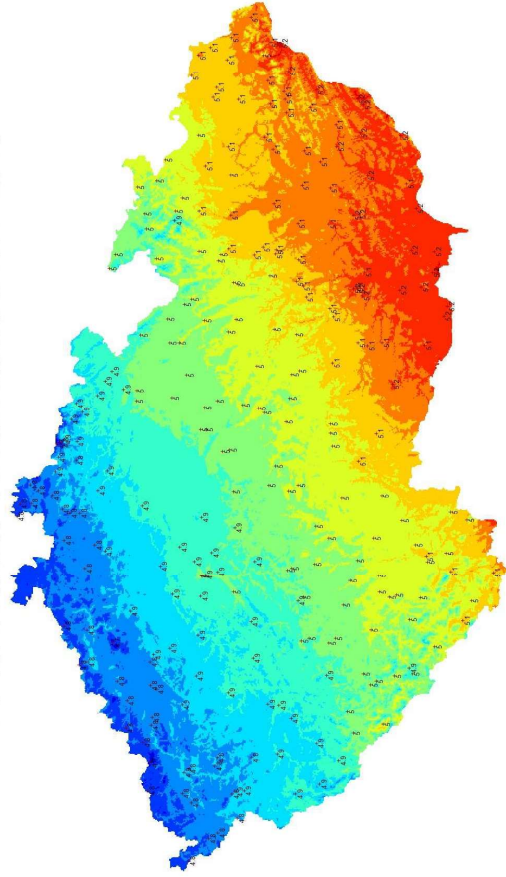


Relative to 1981-2010 (in %)

Použití dat GCM + Aladin CLIMATE neznamená že jde o data s nízkým prostorovým rozlišením....

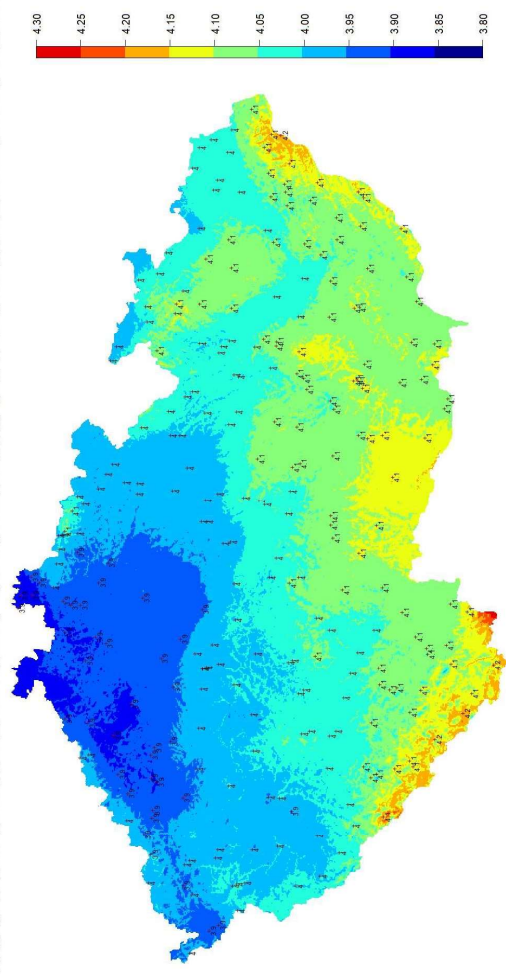
**SustES-AdAgriF
2085**

diff-ssp585__t_2085__avg_D7_avg (A-B) (ssp585__t_2085__avg_D7_avg x T_CTRL_1981-2010_mean))



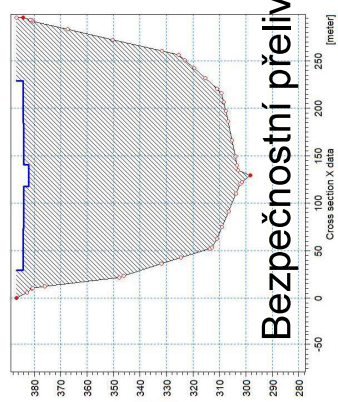
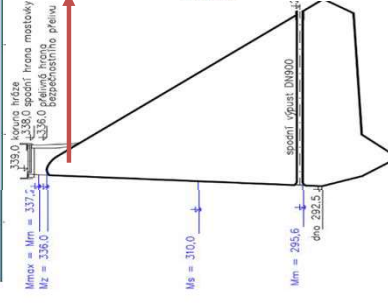
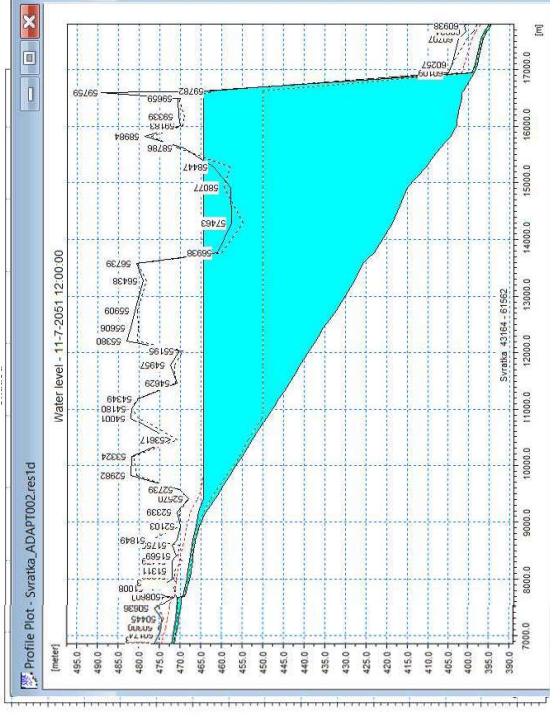
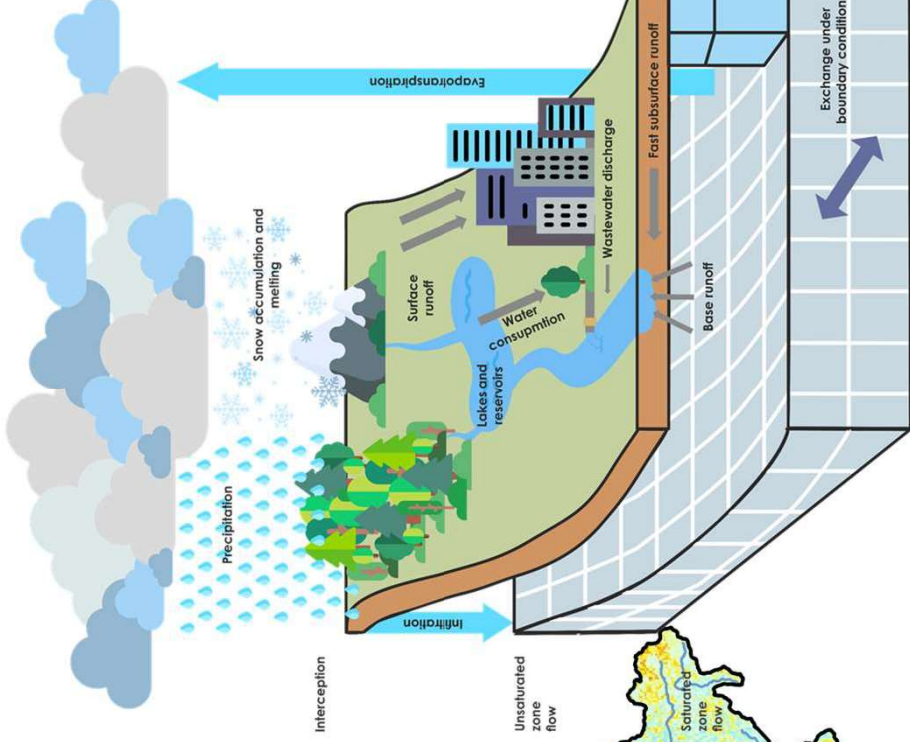
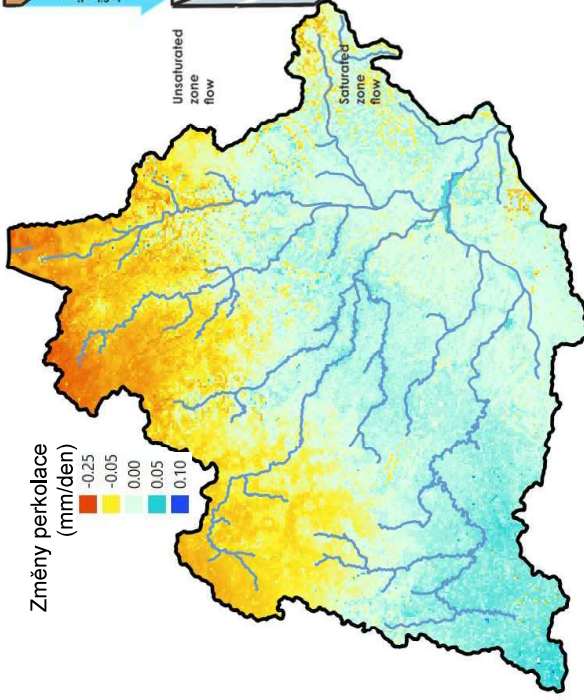
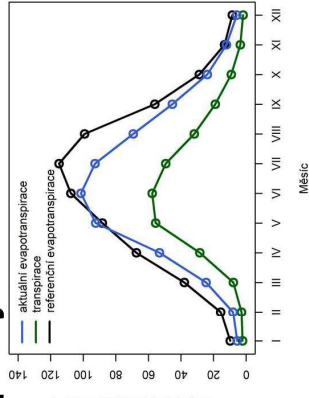
**ALADIN
2085**

085_T_aggregate_v4_annual_normal_T_2085_2070-2100_mean (A-B) (SSP585_ALADIN_2085_T_aggregate_v4_annual_normal_T_2085_2070-2100_mean x T_CTRL_1981-2010_mean))



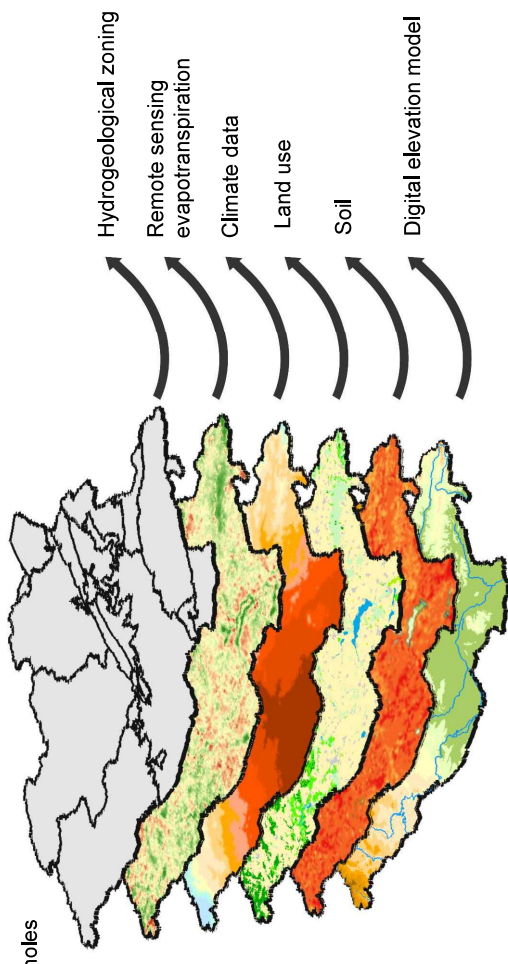
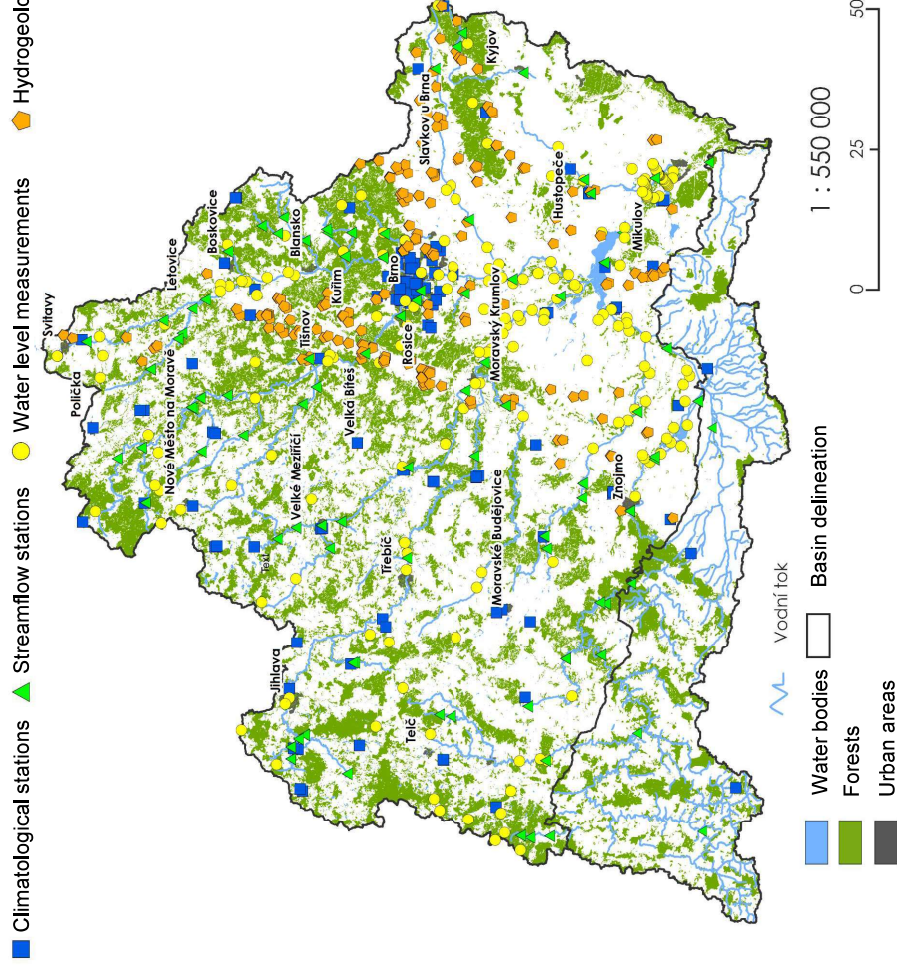
Digitální dvojče povodí Dyje – využito pro testování scénářového přístupů

MIKE SHE Fyzikálně založený distribuovaný hydrologický model zahrnuje všechny důležité prvky vodní bilance



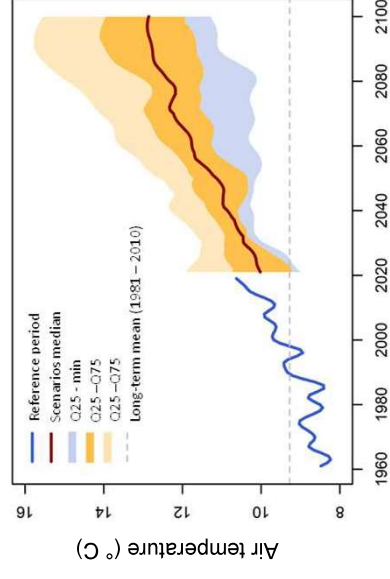
Digitální dvojče vzniklo ze spolupráce CzechGlobe s PMO, VÚV, ČGS, ČHMÚ a VÚMOP

DVOJČE JE POSTAVENO NA UNIKÁTNÍM SOUBORU PODKLADŮ PRO CELÉ POVODÍ



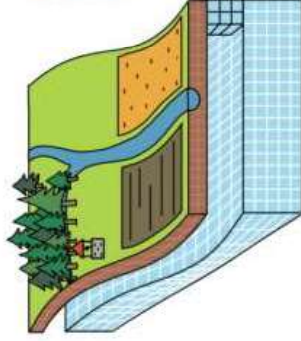
2 ÚROVNĚ DETAILU

- 200 m - Svratka
- 200 m - Svitava
- 500 m - DYJE

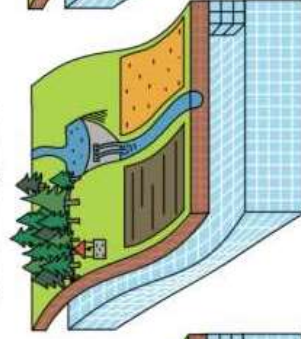


Digitální dvojče povodí Dyje – Scénářové modelování

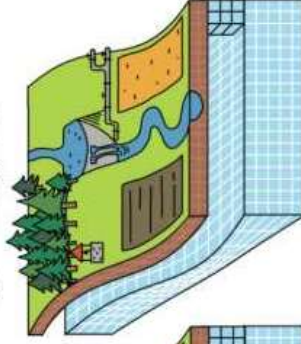
a) Referenční stav povodí



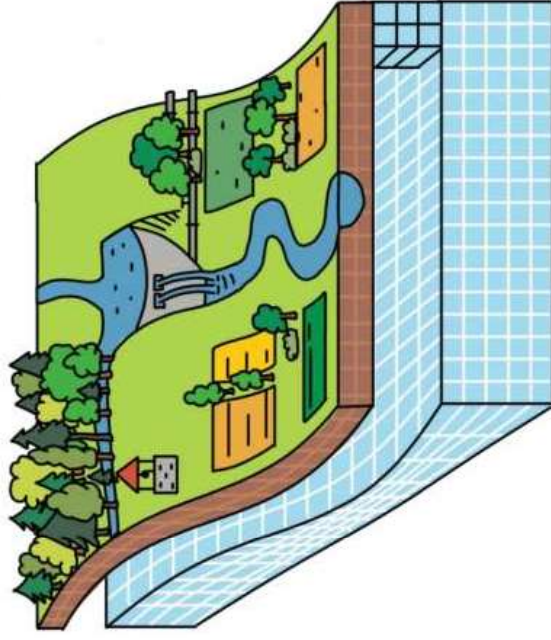
b) Jedno adaptační opatření v jednom segmentu



c) Více adaptačních opatření v jednom segmentu



d) Kombinace adaptačních opatření napříč segmenty



Nástroj umožňuje definovat změny libovolných procesů v povodí:

Lokalizace
Čas realizace
Parametrizace

Změny je možné zadávat:

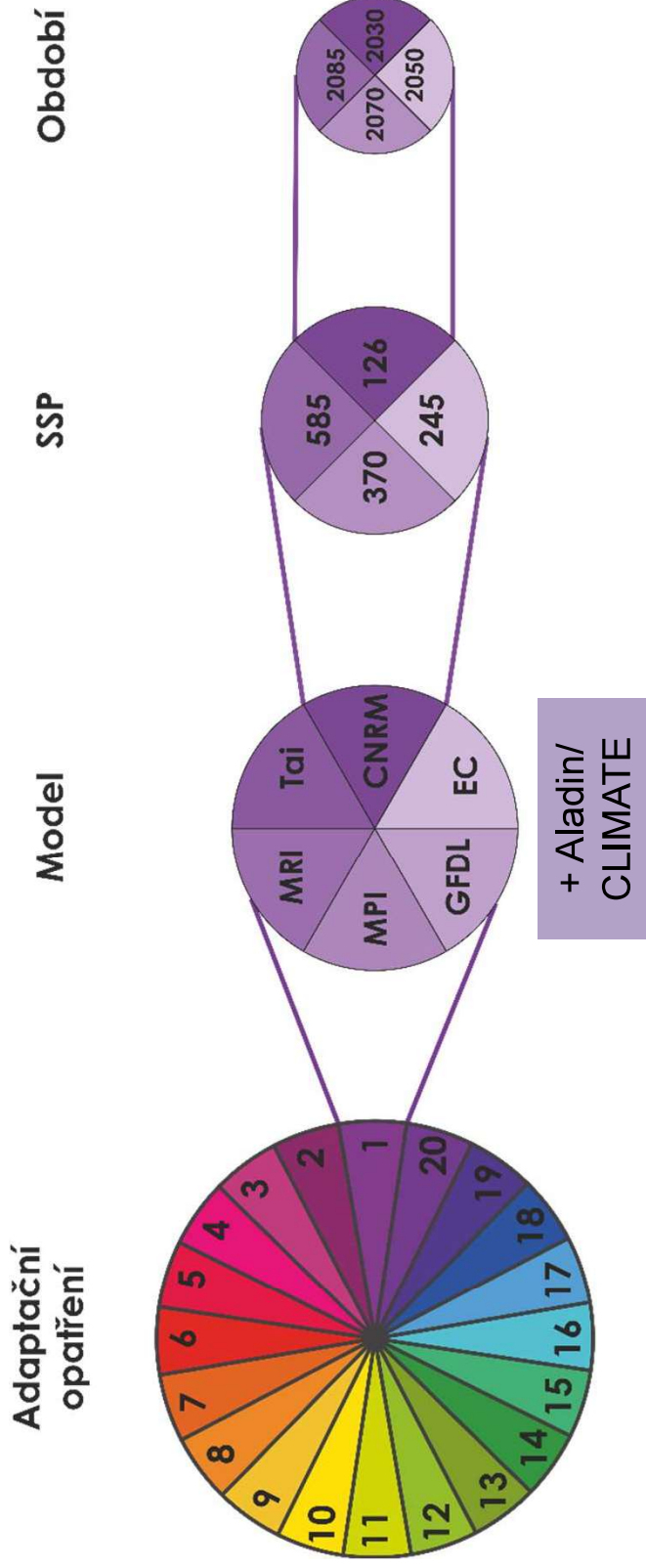
Jednotlivě
Kombinovaně

A hodnotit jejich následky z různých hledisek:

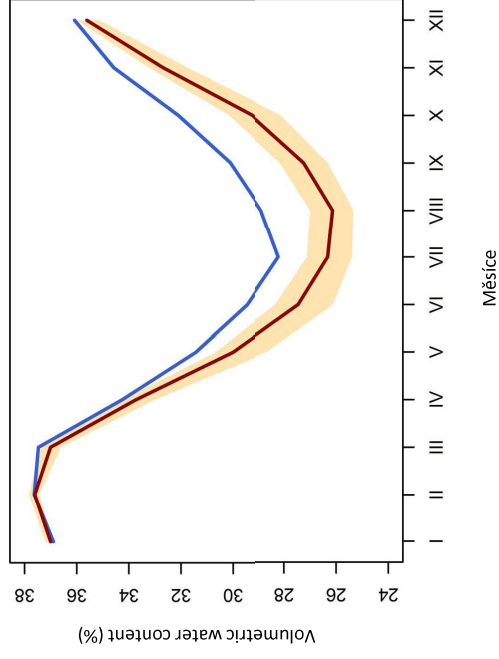
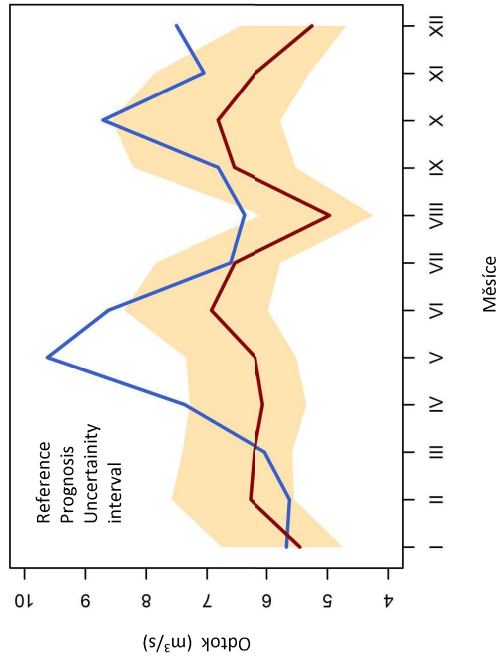
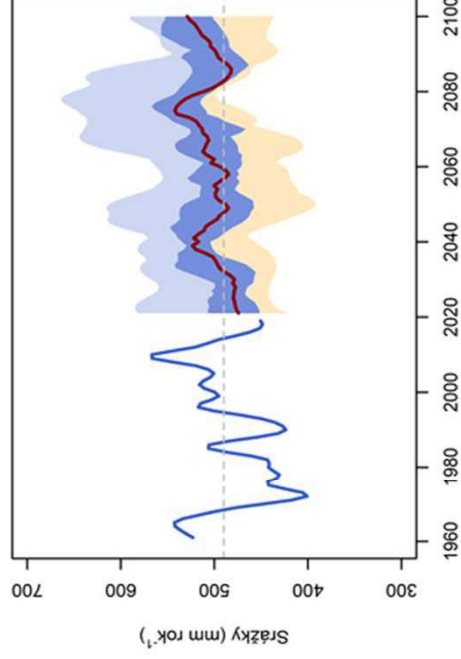
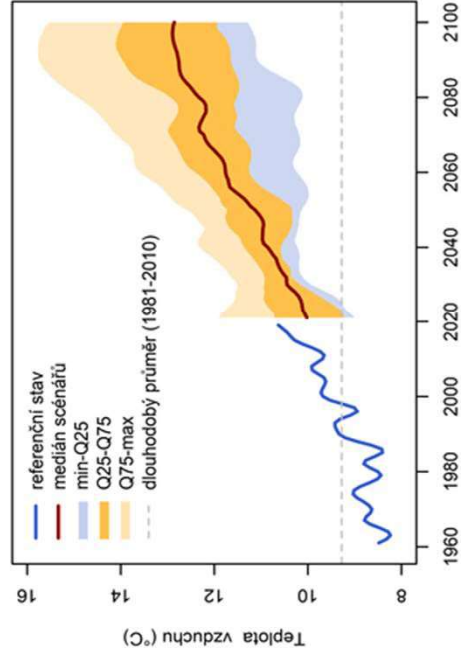
Povrchové vody
Perkolace do saturované zóny
Vlhkost kořenové zóny
Transpirace
...

Využití scénářů v modelovém běhu

Kaskáda simulací



Klimatické scénáře a jejich variabilita – povodí Dyje



Scénáře Socioekonomického vývoje (4):
 SSP126
 SSP245
 SSP370
 SSP585

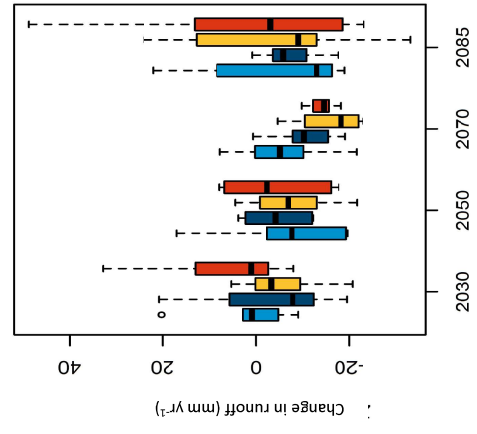
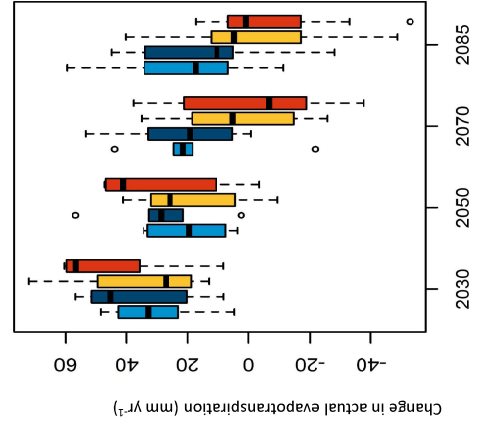
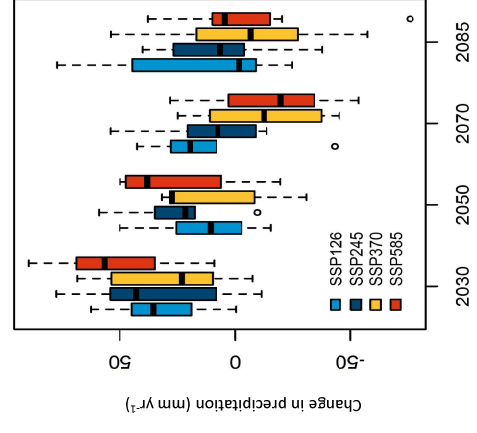
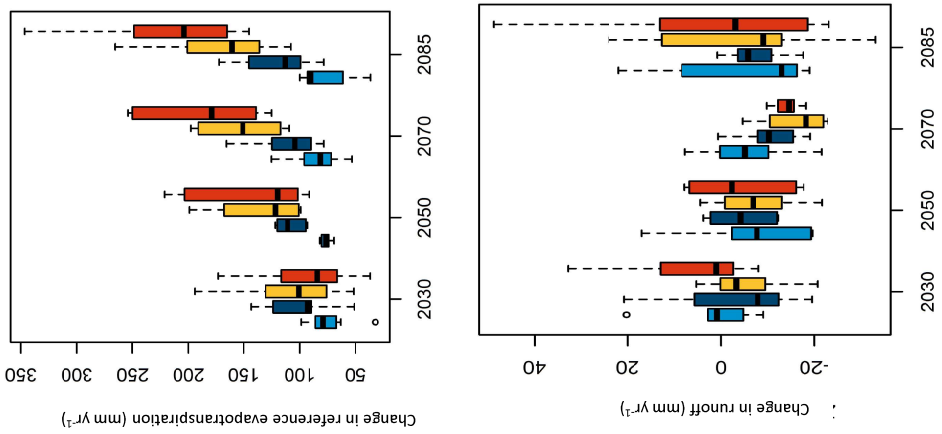
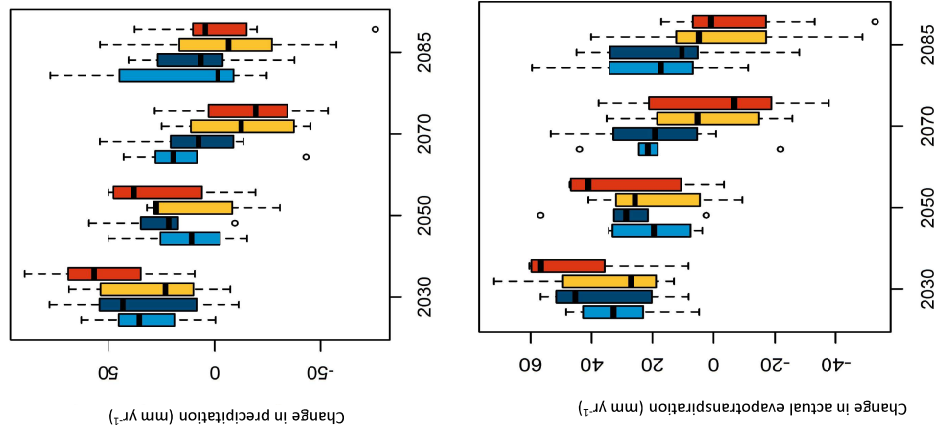
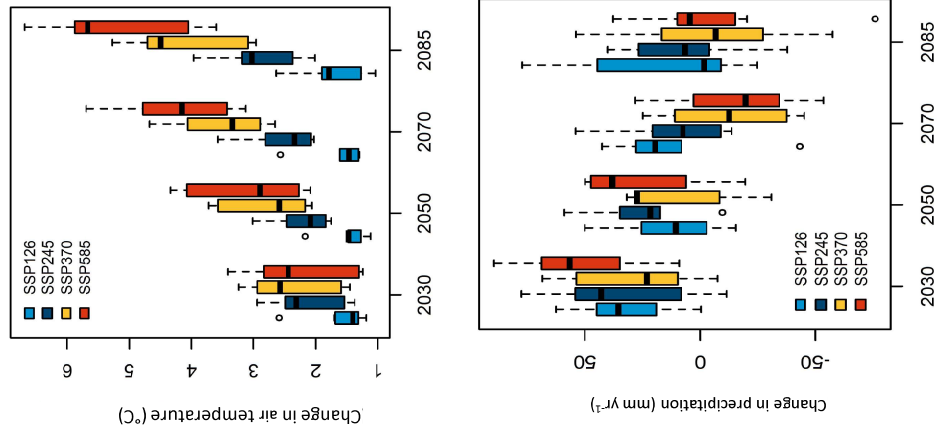


Globální klimatické scénáře (7):
 CMCC-ESM2
 CNRM-CM6-1-HR
 EC-EARTH3
 GFDL-ESM4
 MPI-ESM1-2-HR
 MRI-ESM2-0
 TaiESM1
 + **ALADIN Climate/CZ**

Časové periody (4) se středy v letech:
 2030, 2050, 2070, 2085

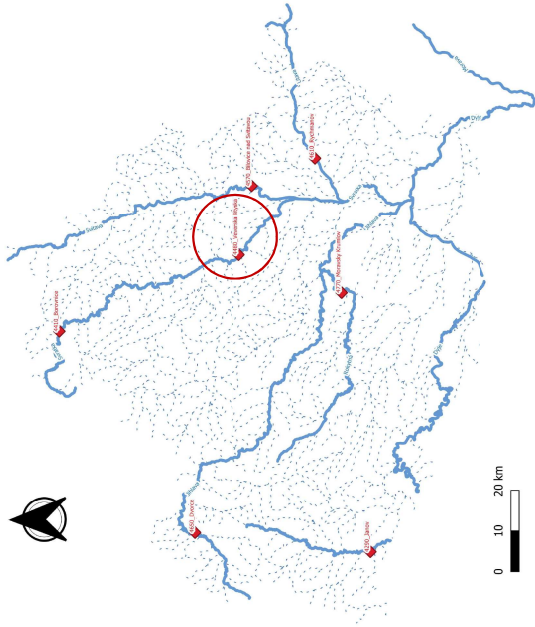
CELKEM ~ 100 CC scénářů *
jednotlivá adaptační opatření = tisíce
potřebných simulací

Klimatické prognózy – Povodí

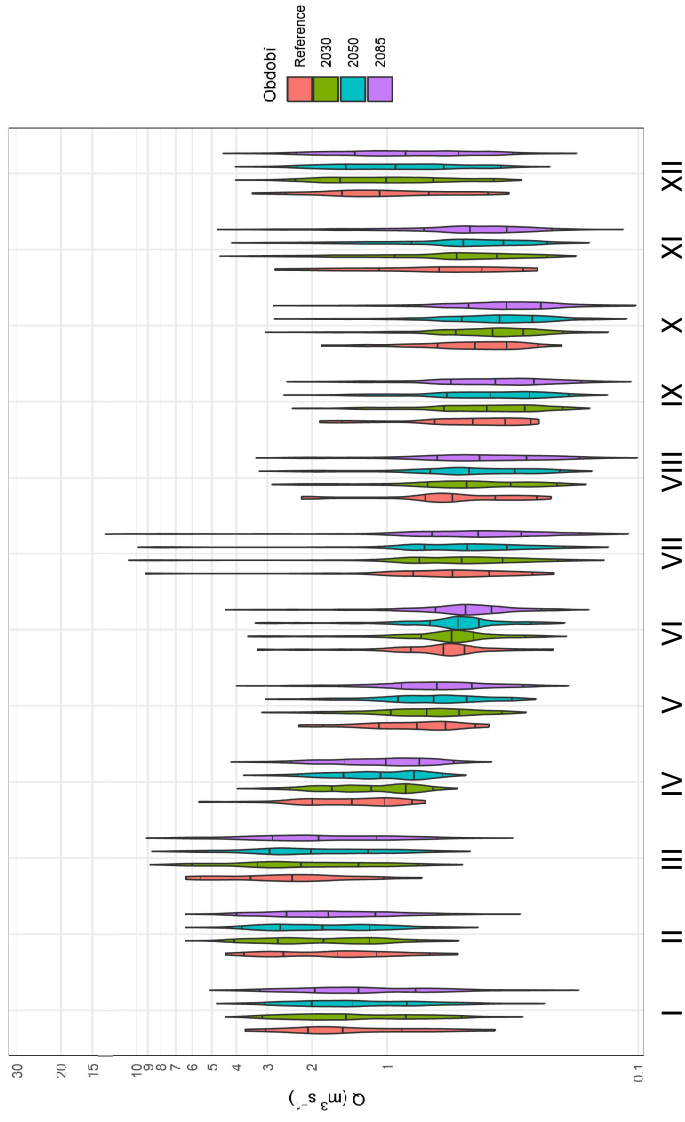


Konkrétní dopady v profilu

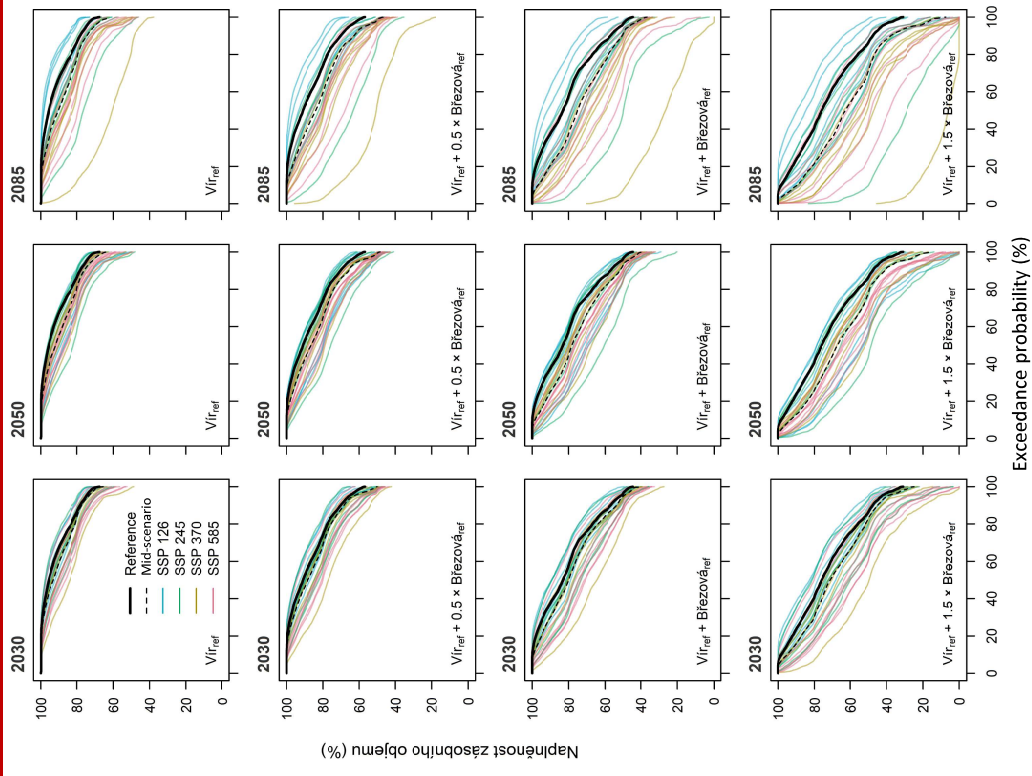
Měsíční průtoky (Veverská Bitýška)



Gauging station 4480



Ukázka konkrétních analýz – v.n. Víř



Finální scénářová sada pro hydrologické aplikace Doporučení pro projekty Sustes – AdAgriF – PERUN – VODA

1. Vycházejme z ansámblu Globálních cirkulačních modelů CMIP6 použitých poslední zprávou IPCC + CP RCM - ALADIN Climate/CZ;
2. Tyto modely prošly intenzivním testováním na vzájemnou koherenci a reálnost modelovaných meteorologických polí pro střední Evropu - metodiku vyvíjíme od 2016;
3. Objektivní metodou bylo z cca 30 GCM modelů vybráno 7 GCM + Aladin CLIMATE, které postihují variabilitu odhadu klimatu ve střední Evropě;
4. Používat kombinaci 4 SSP x 8 modelů – nebo minimálně všechny modely pro daný SSP
5. **Základní velikost rastru GCM je cca 100km x 100 km, ale finální data jsou k dispozici v rozlišení 500 x 500 m.**
6. **Lze postihnout nejen variabilitu mezi GCM/emisními scénáři a ve vývoji v čase, ale také prostorové nuance uvnitř zvoleného území;**
7. **Stanovený postup je robustní a opřený o publikovaný výzkum globálních modelů CMIP3, CMIP5, CMIP6 a regionálních modelů ENSEMBLES a EuroCordex ve všech variantách.**



CentrumVoda

T A
Č R