

# Pretoki rek v 21. stoletju v Sloveniji

Rezultati projekta Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja

**dr. Mira Kobold**

Ljubljana, 12. november 2018

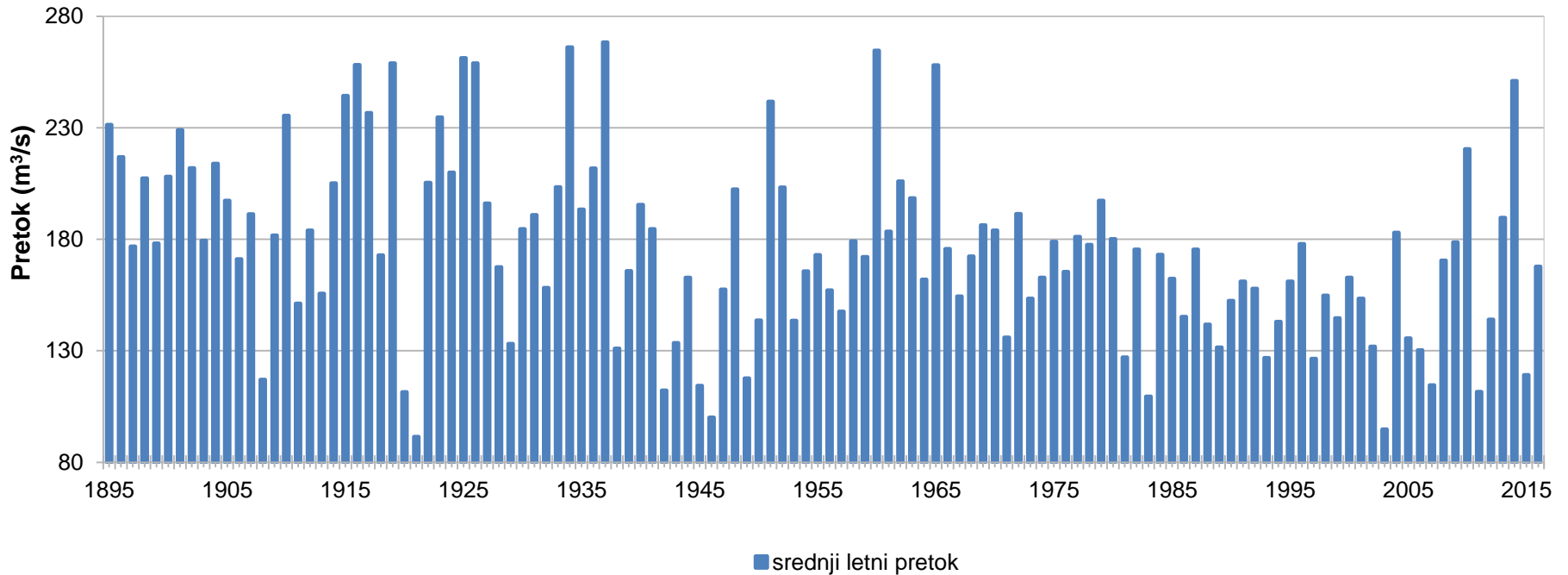
# VSEBINA

- Stanje voda v obdobju meritev
  - Medletna spremenljivost pretokov
  - Trendi pretokov
  - Sprememba pretočnih režimov
- Ocena hidroloških razmer do konca 21. stoletja
  - Orodja in metode
  - Rezultati analiz za hidrološke kazalnike (male, srednje in velike pretoke)
  - Napajanje podzemne vode

# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV

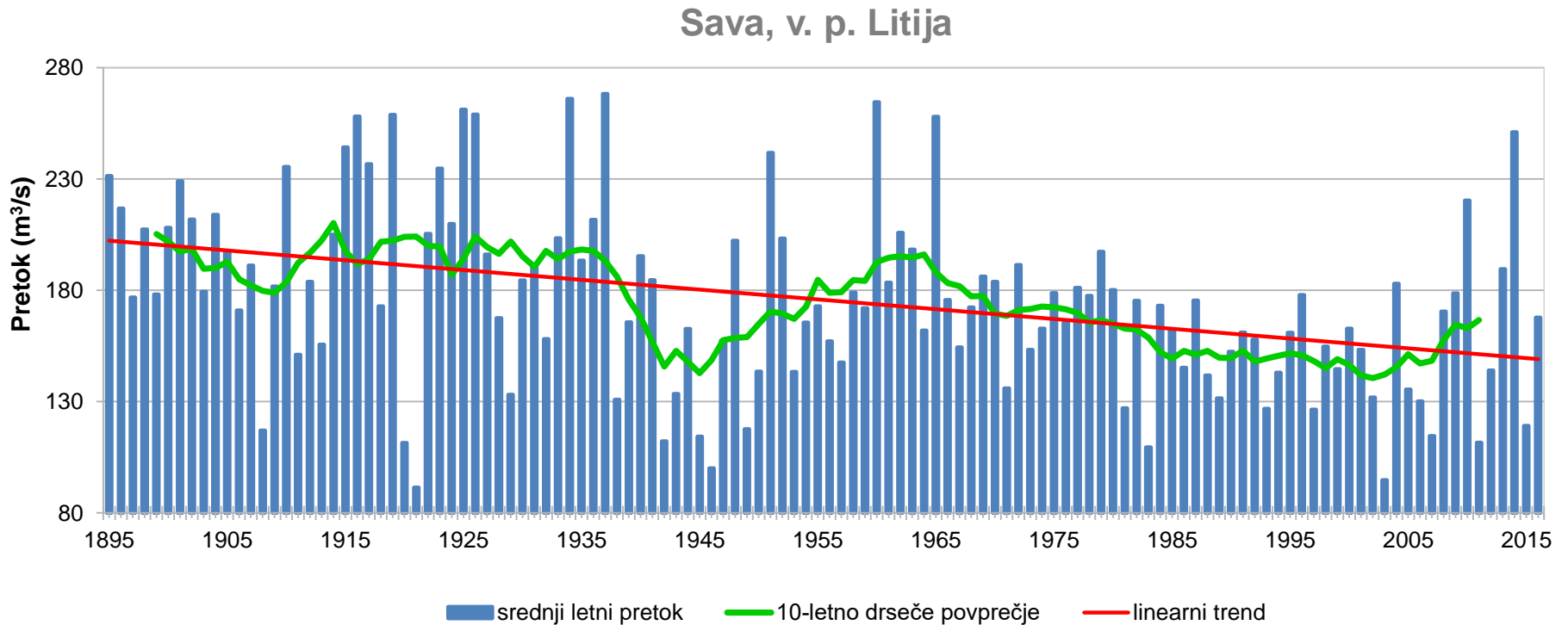
## Medletna spremenljivost in trendi pretokov

Sava, v. p. Litija

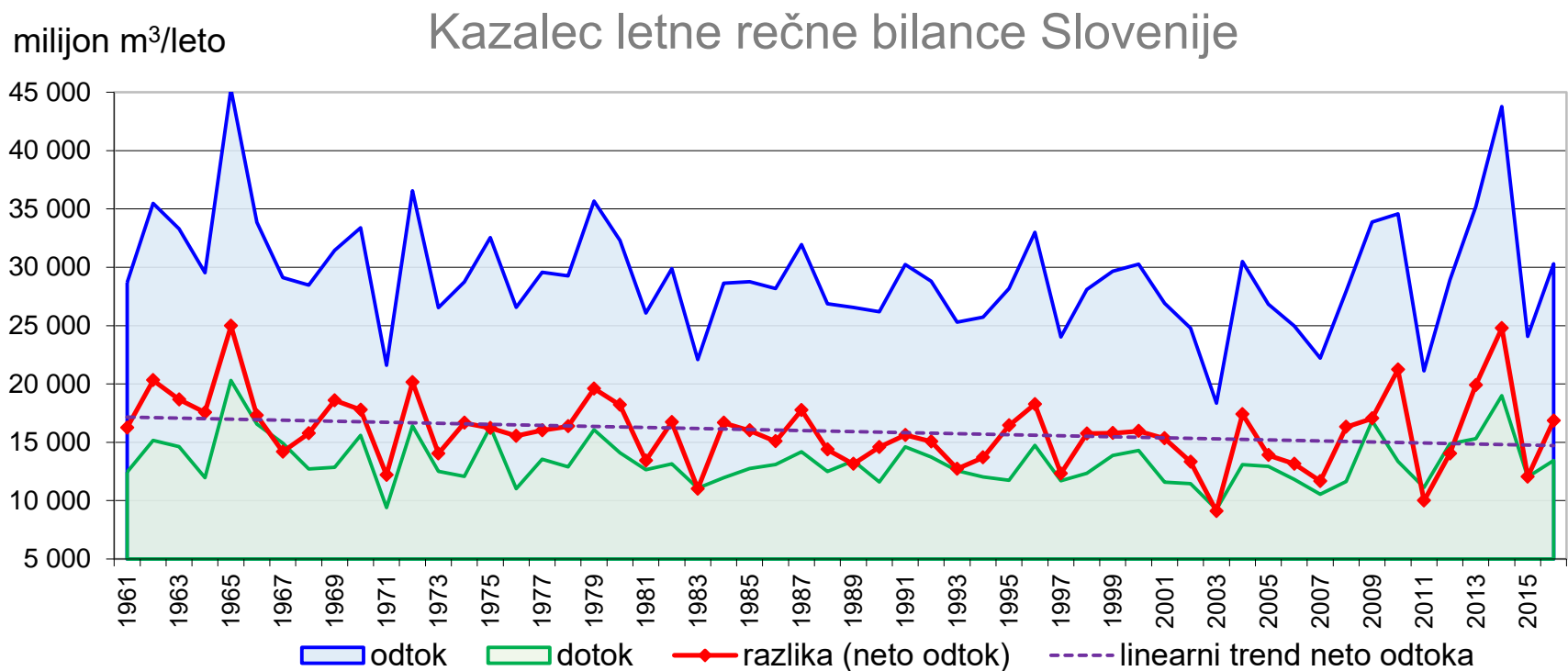


# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV

## Medletna spremenljivost in trendi pretokov

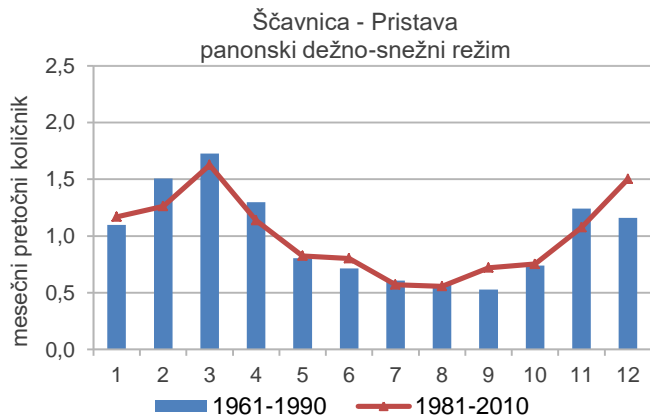
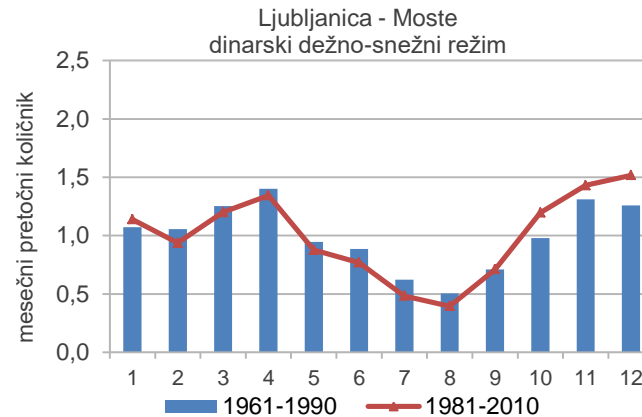
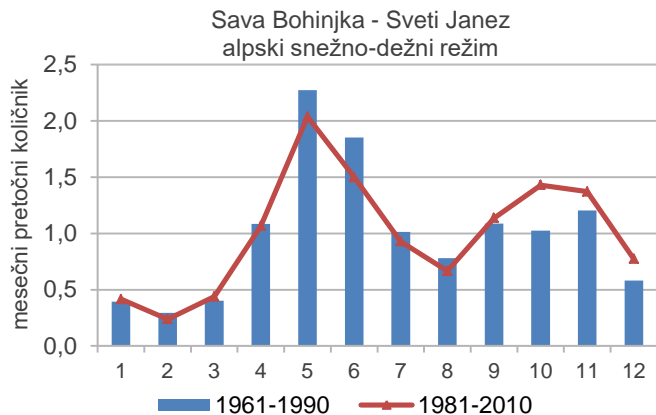


# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV



# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV

## Spremembe pretočnih režimov

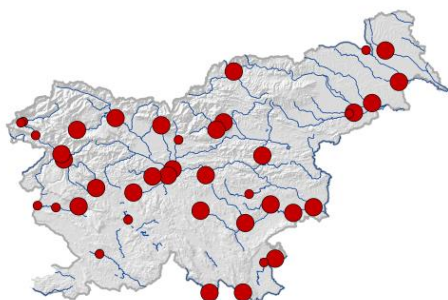


- Upad spomladanskega viška, dvig jesenskega.
- Pretočni režimi si postajajo vse bolj podobni.

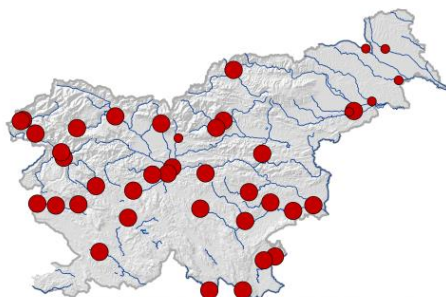
# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV

Trend srednjih sezonskih in letnih pretokov rek  
(obdobje 1961–2013; povzeto po Oblak, 2017)

Pomlad



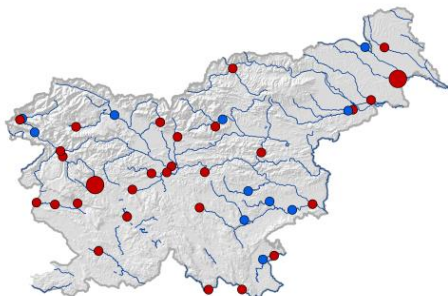
Poletje



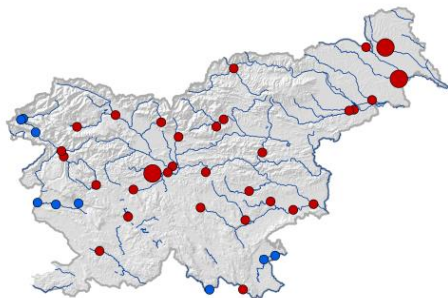
LETO



Jesen



Zima



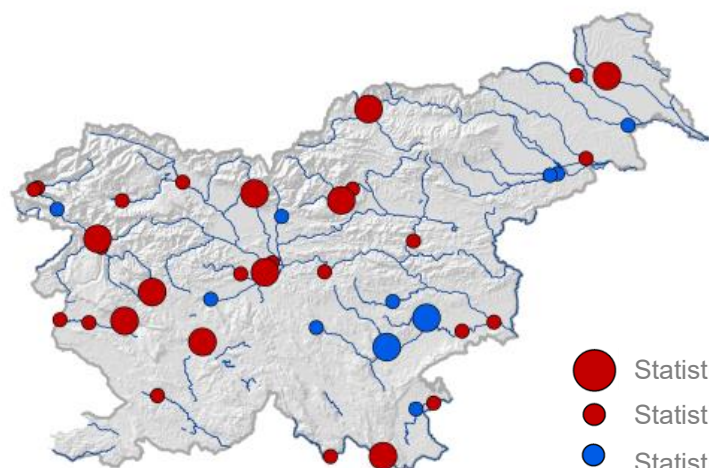
Trendi srednjih pretokov

- Statistično značilno upadanje
- Statistično neznačilno upadanje
- Statistično neznačilno naraščanje
- Statistično značilno naraščanje

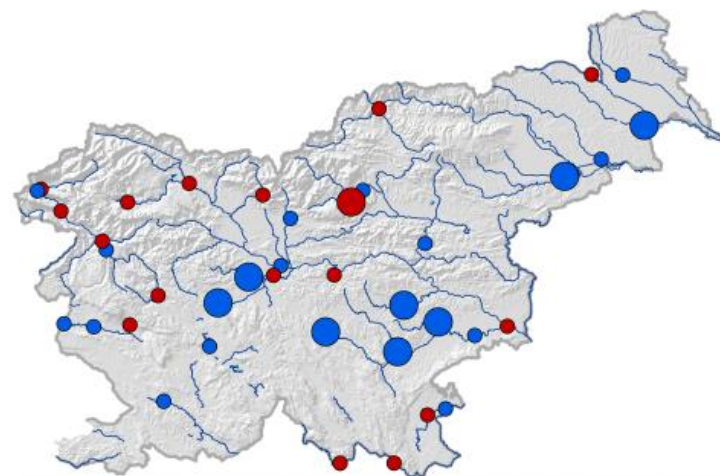
# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV

Trend velikih pretokov (obdobje 1961–2013; povzeto po Oblak, 2017)

Trend največjih letnih pretokov



Trend pogostosti velikih pretokov



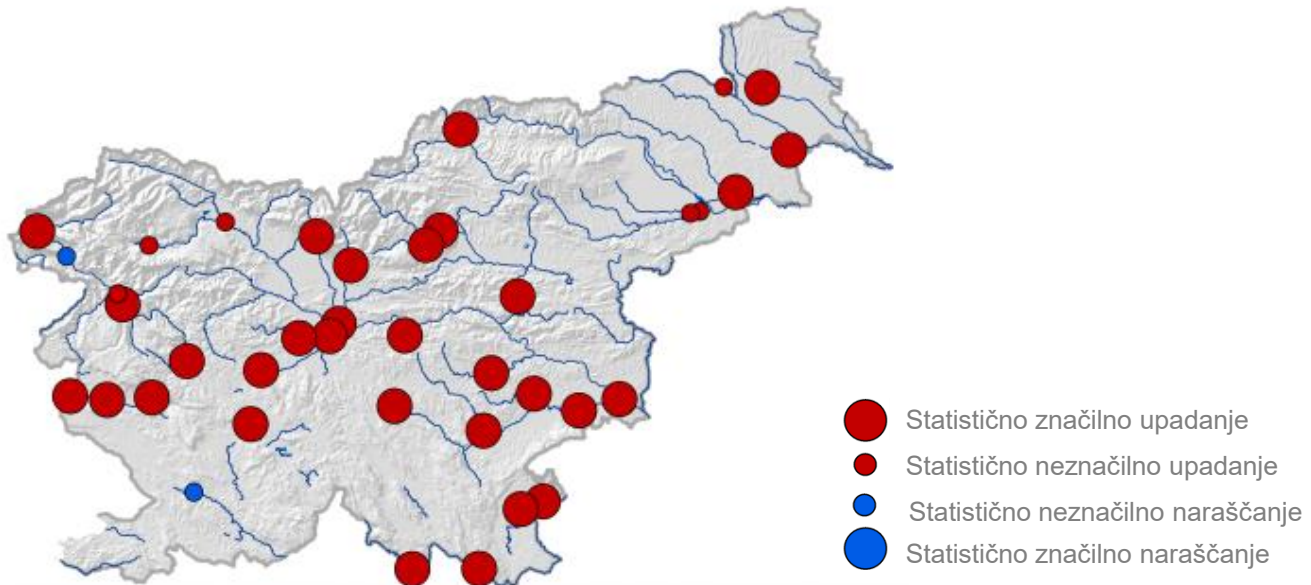
- Statistično značilno upadanje
- Statistično neznačilno upadanje
- Statistično neznačilno naraščanje
- Statistično značilno naraščanje



# STANJE VODA V OBDOBJU MERITEV

Trend malih pretokov (obdobje 1961–2013; povzeto po Oblak, 2017)

Trend najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov

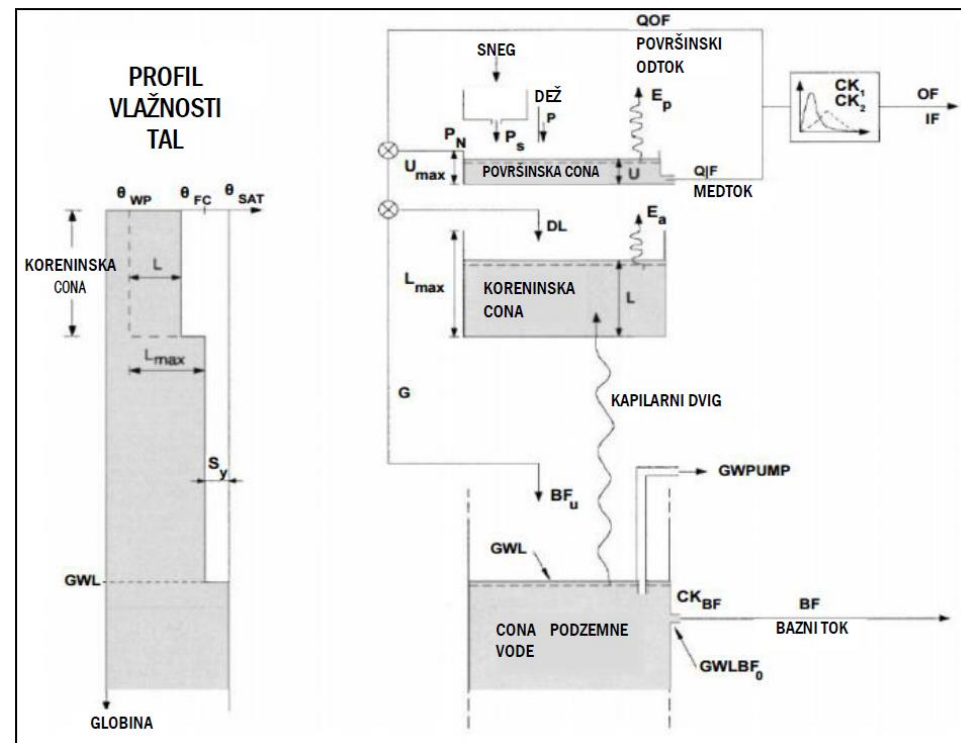


# OCENA HIDROLOŠKIH RAZMER DO KONCA 21. STOLETJA

## Uporabljeno orodje

Programski paket MIKE 11 podjetja DHI (Danish Hydraulic Institute):

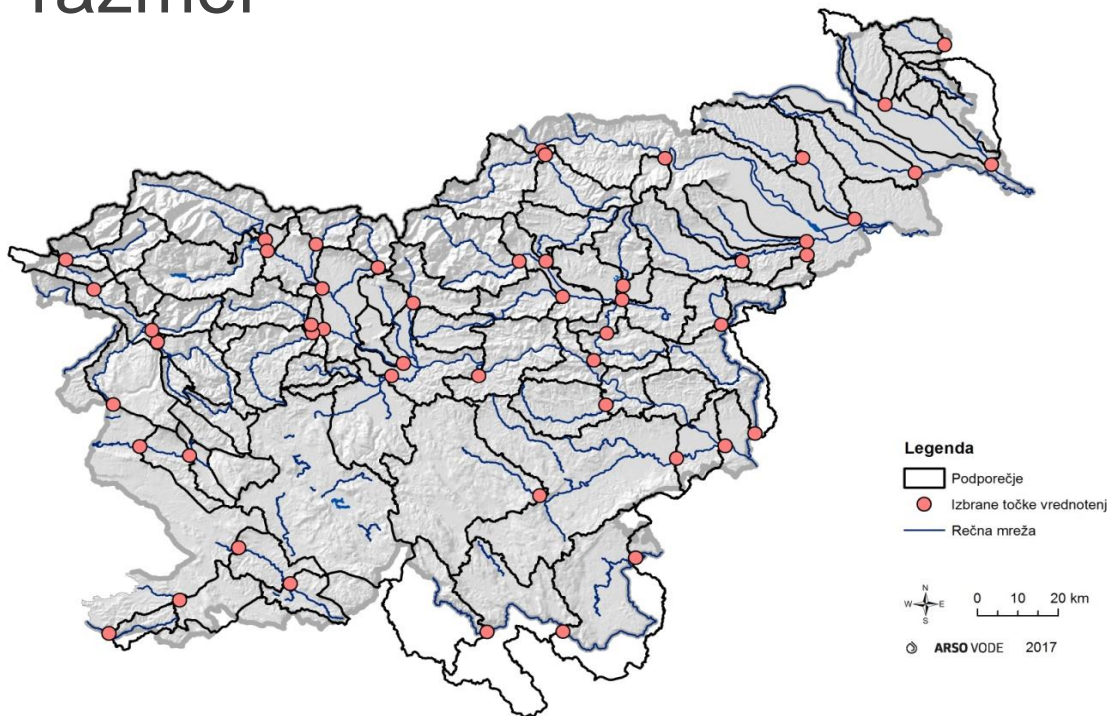
- orodje za enodimenzijsko modeliranje toka vode,
- tvorita ga dve osnovni komponenti: hidrološki model NAM, ki vključuje snežni modul, in enodimenzijski hidrodinamični model.



Struktura hidrološkega modela NAM (povzeto po DHI, 2014)

# OCENA HIDROLOŠKIH RAZMER DO KONCA 21. STOLETJA

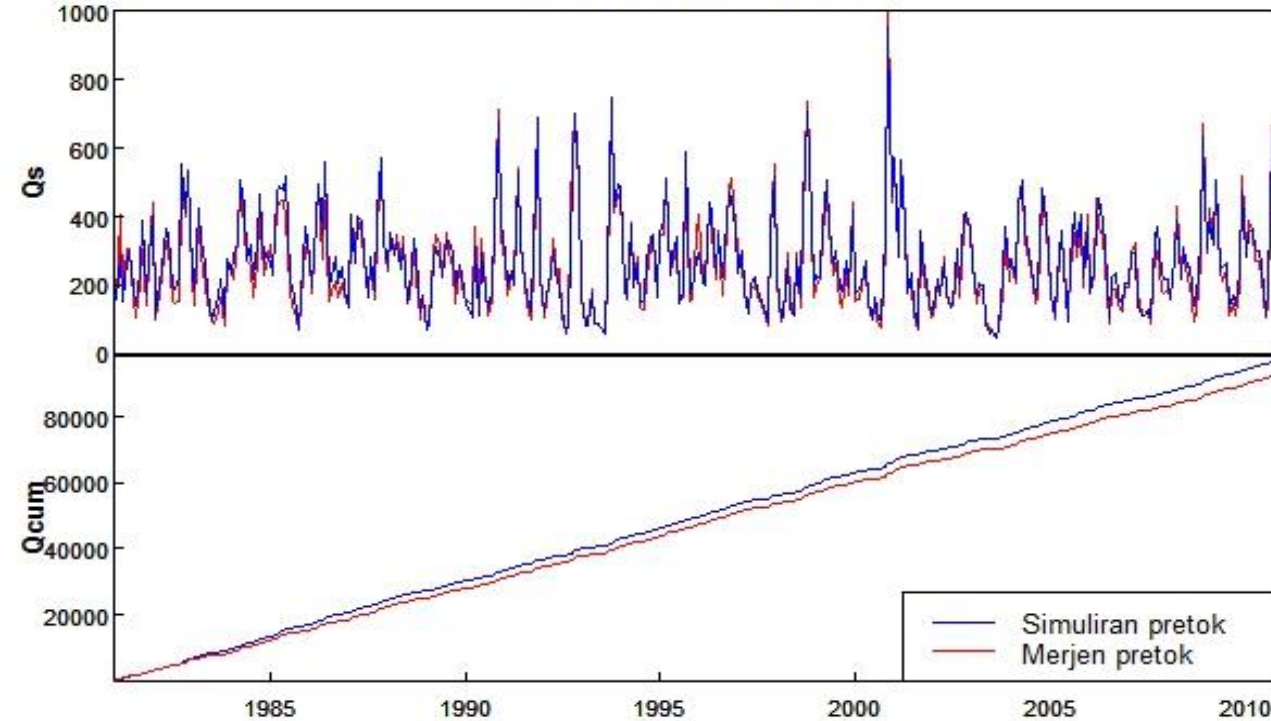
## Hidrološki model Slovenije za oceno podnebnih razmer



- 81 podporečjih s srednjo velikostjo okoli 226 km<sup>2</sup>.
- 52 točk (lokacij vodomernih postaj) za analizo prihodnjih razmer

# OCENA HIDROLOŠKIH RAZMER DO KONCA 21. STOLETJA

3850 Sava-Čatež I



- Umerjanje modela (podatki za obdobje 1981–2010)

| Kriterij umerjanja modela | Nash-Sutcliffov koeficient učinkovitosti modela (NSE) |
|---------------------------|---|
| Zelo dobro                | $0,75 < NSE \leq 1,00$                                |
| Dobro                     | $0,65 < NSE \leq 0,75$                                |
| Zadostno                  | $0,50 < NSE \leq 0,65$                                |
| Nezadostno                | $NSE \leq 0,50$                                       |

# OCENA HIDROLOŠKIH RAZMER DO KONCA 21. STOLETJA

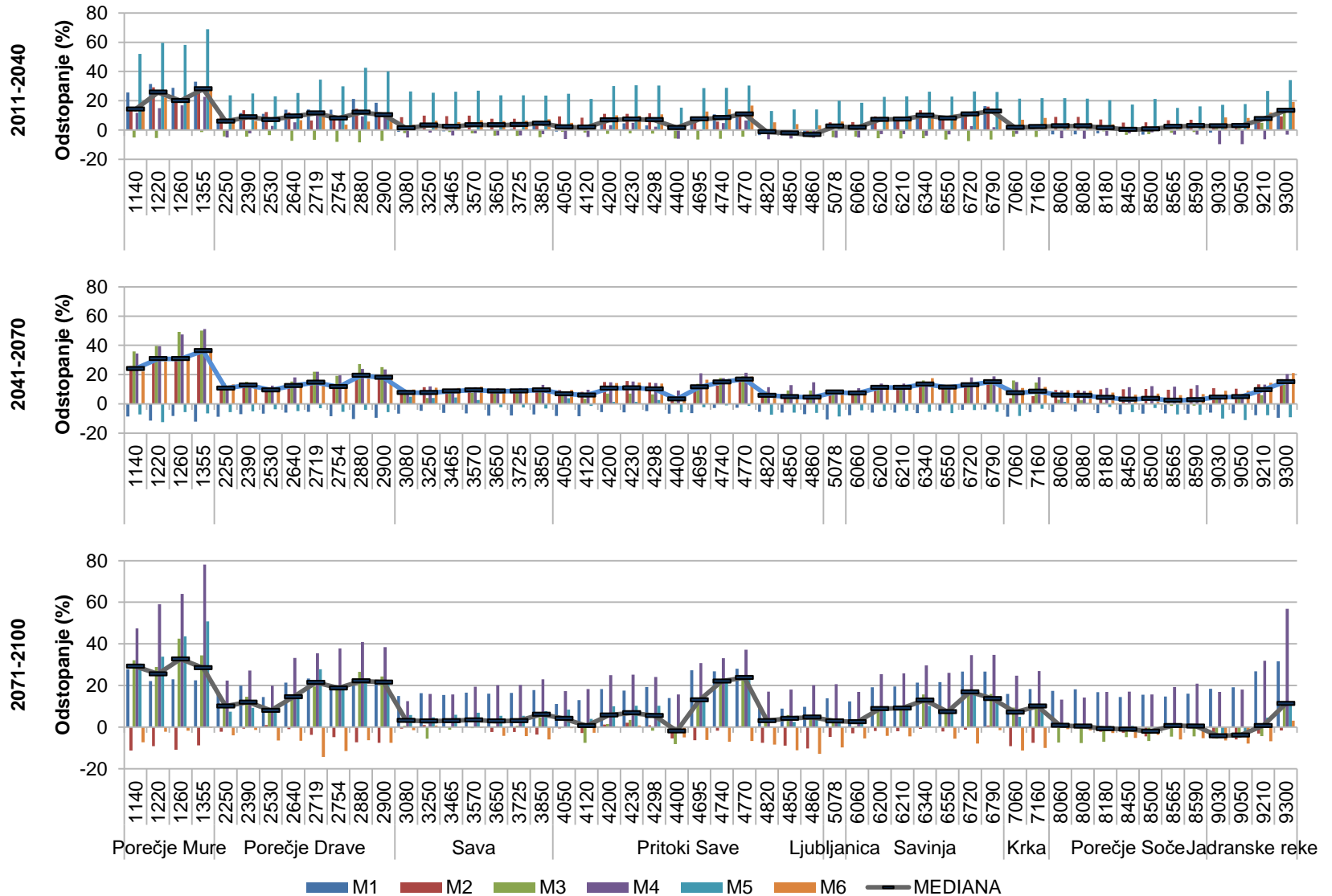
## Simulacije pretokov



Izračuni za **6 podnebnih modelov** in **3 scenarije izpustov TP** (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5).

Prikazi rezultatov (odstopanj od 1981–2010) za **male, srednje in velike pretoke** za **3 obdobja** (2011–2040, 2041–2070 in 2071–2100).

# Razponi odstopanj srednjih pretokov (sQs) po postajah, RCP4.5



# Ocena sprememb srednjega pretoka

zmerno optimističen scenarij (RCP4.5)

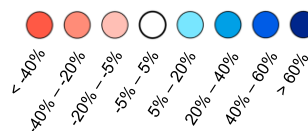
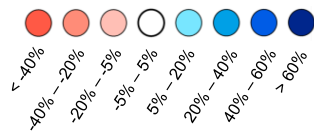
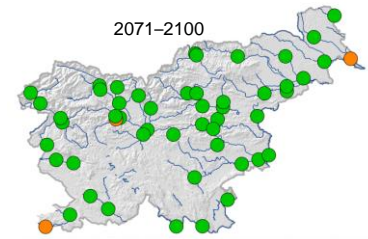
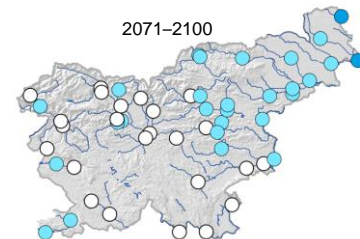
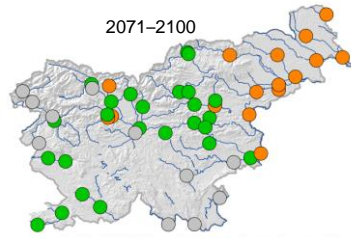
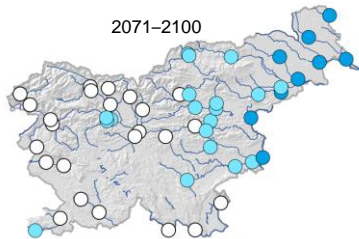
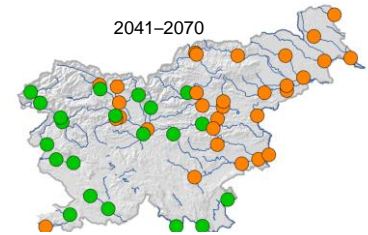
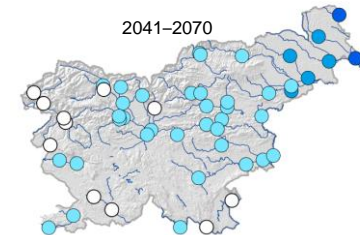
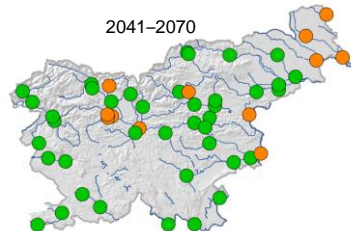
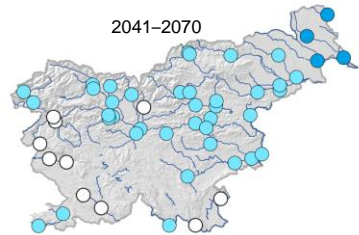
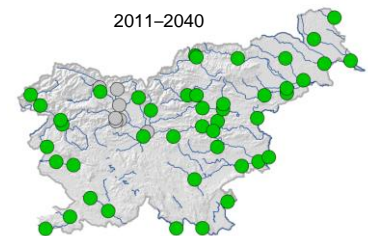
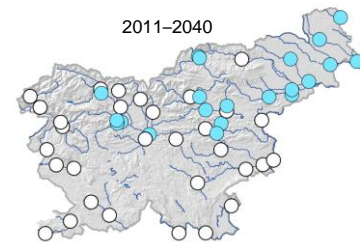
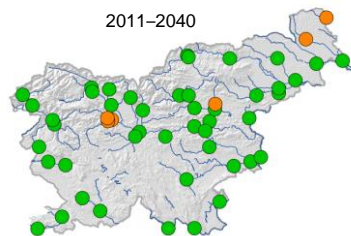
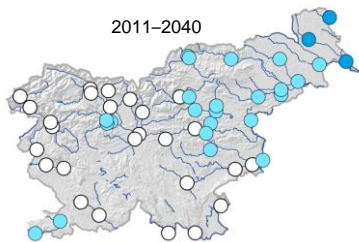
pesimističen scenarij (RCP8.5)

Odklon glede na obdobje 1981–2100

Zanesljivost

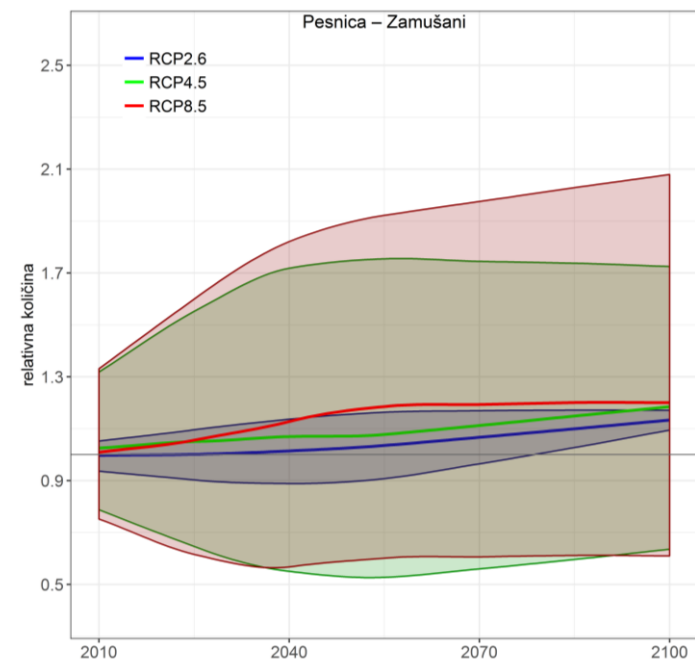
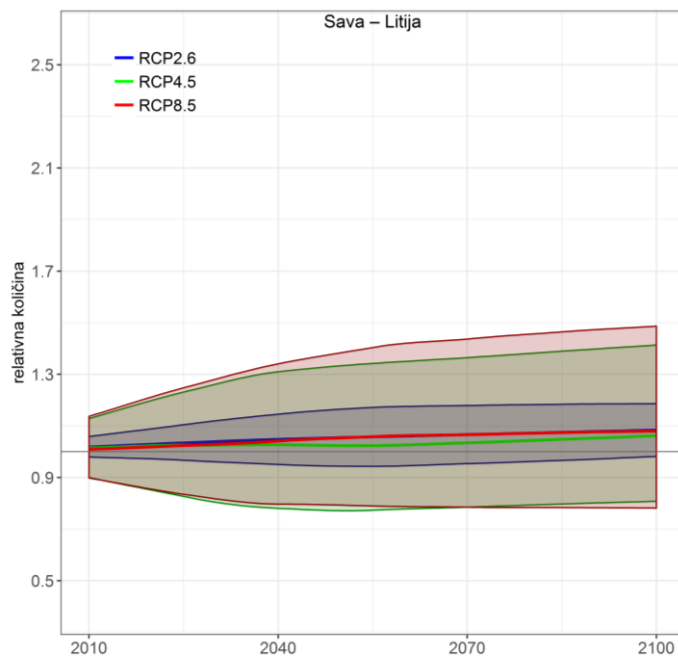
Odklon glede na obdobje 1981–2100

Zanesljivost



# Časovni potek spremembe srednjega pretoka

- Večjih sprememb srednjih letnih pretokov v Sloveniji v primerjavi z obdobjem 1981–2010 ni pričakovati.
- Izjema je severovzhod, kjer bi se pretoki v primeru zmerno optimističnega scenarija do konca stoletja lahko povečali do 30 %.





# Ocena sprememb srednjih letnih konic

zmerno optimističen scenarij (RCP4.5)

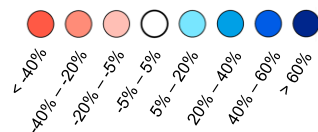
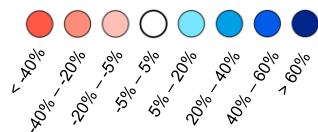
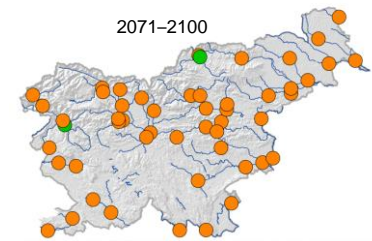
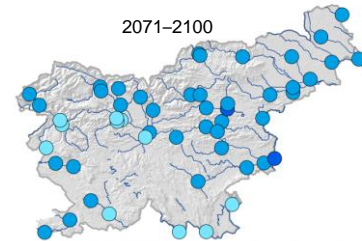
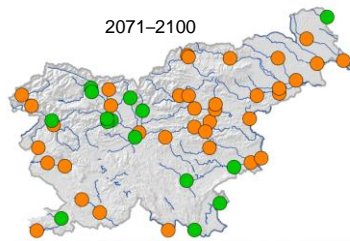
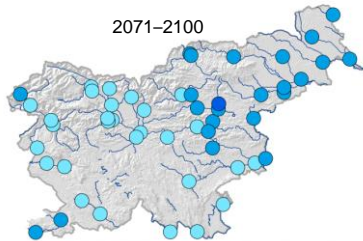
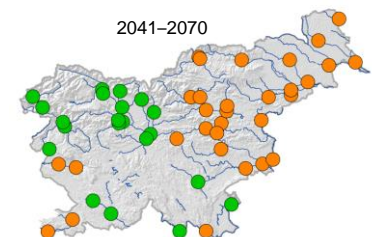
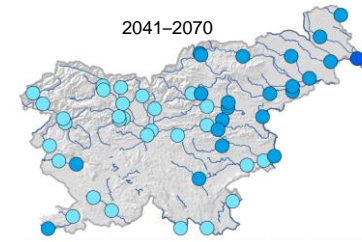
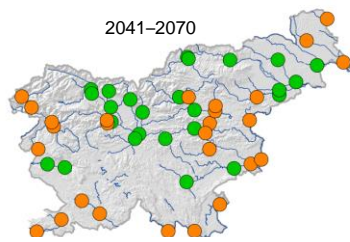
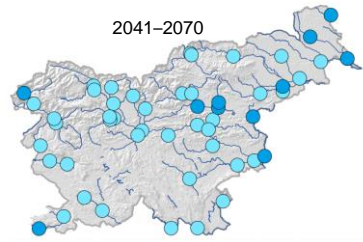
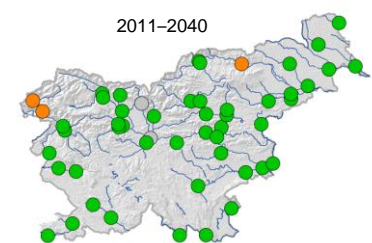
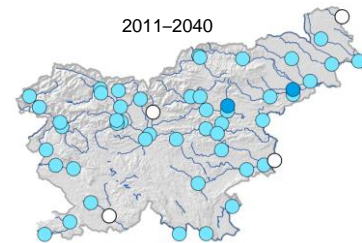
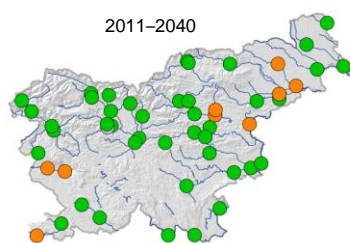
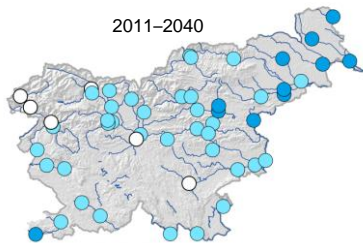
pesimističen scenarij (RCP8.5)

Odklon glede na obdobje 1981–2100

Zanesljivost

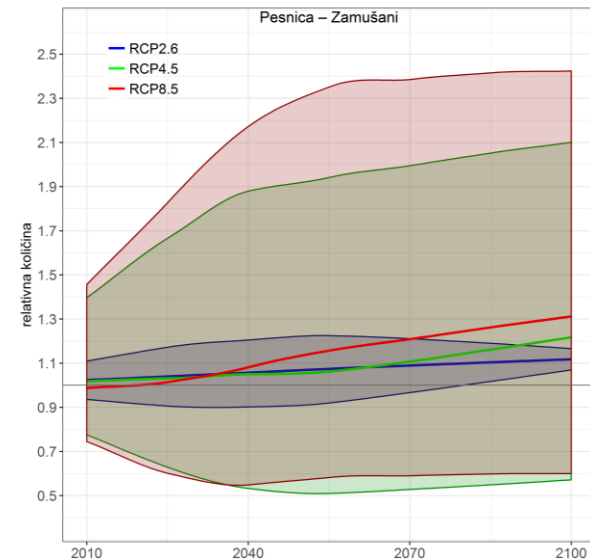
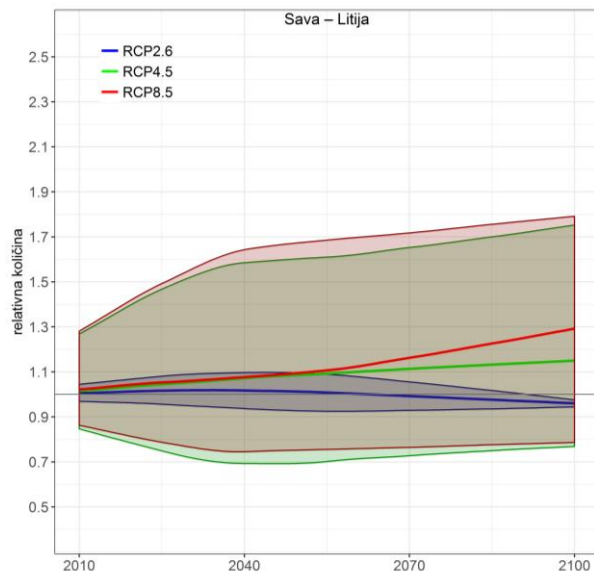
Odklon glede na obdobje 1981–2100

Zanesljivost



# Časovni potek spremembe srednjih letnih konic

- Srednje letne konice se bodo po vseh scenarijih izpustov v primerjavi z obdobjem 1981–2010 povečale povsod po državi, v povprečju od 20 do 30 %.
- Povečanje se od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje.
- Največje povečanje letnih konic bo na severovzhodu države (v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov do približno 30 %).
- V primeru pesimističnega scenarija izpustov bo povečanje proti koncu stoletja med 20 in 40 % na skoraj vseh vodomernih postajah.



# Ocena sprememb srednjih malih pretokov

zmerno optimističen scenarij (RCP4.5)

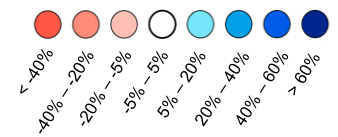
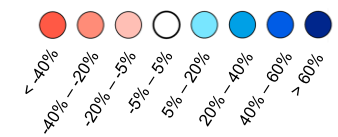
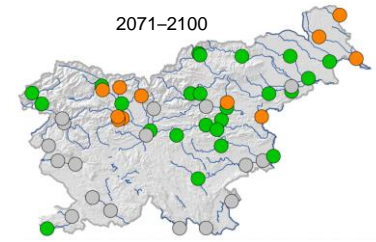
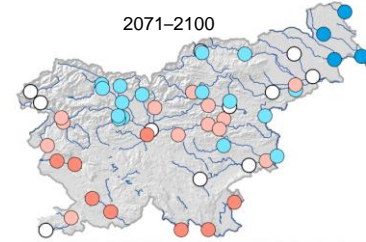
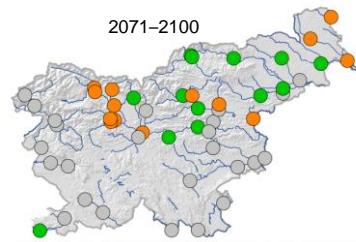
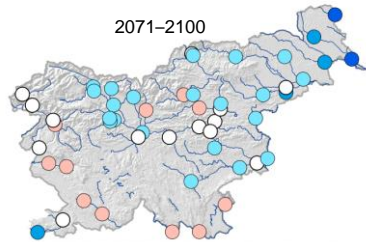
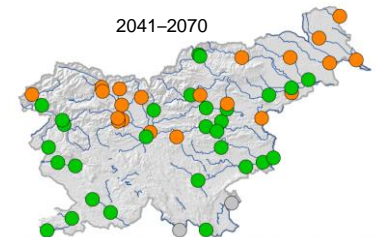
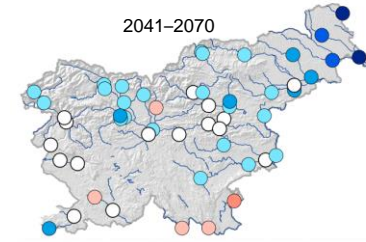
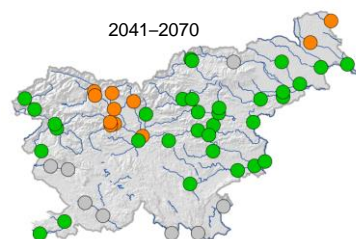
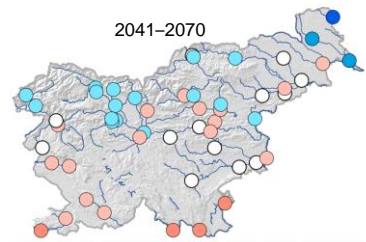
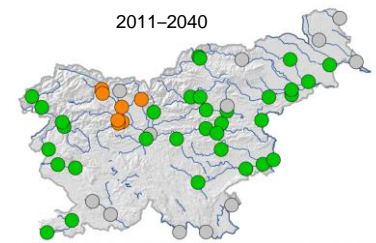
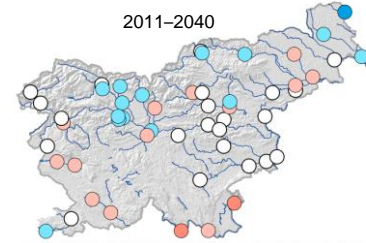
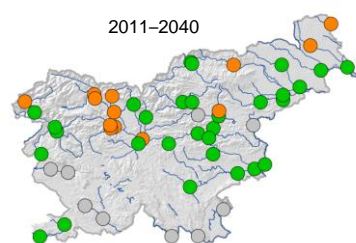
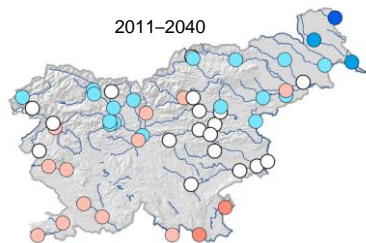
pesimističen scenarij (RCP8.5)

Odklon glede na obdobje 1981–2100

Zanesljivost

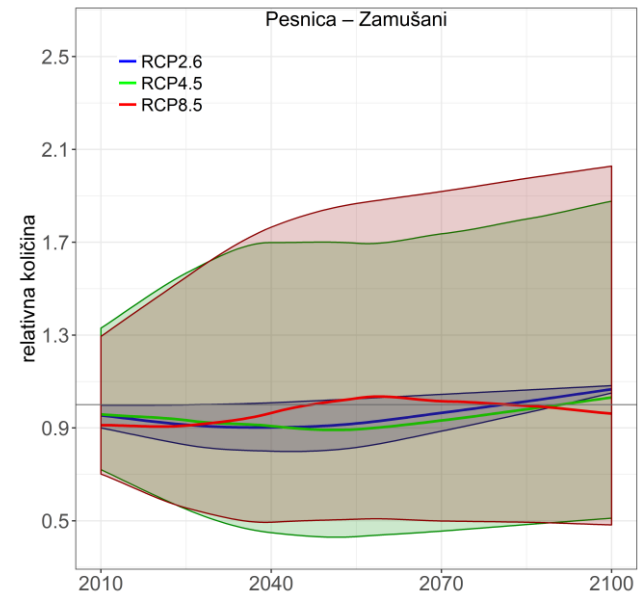
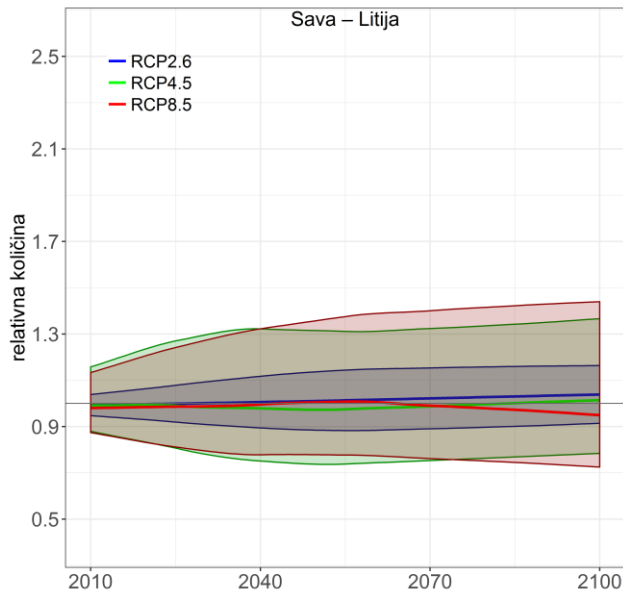
Odklon glede na obdobje 1981–2100

Zanesljivost



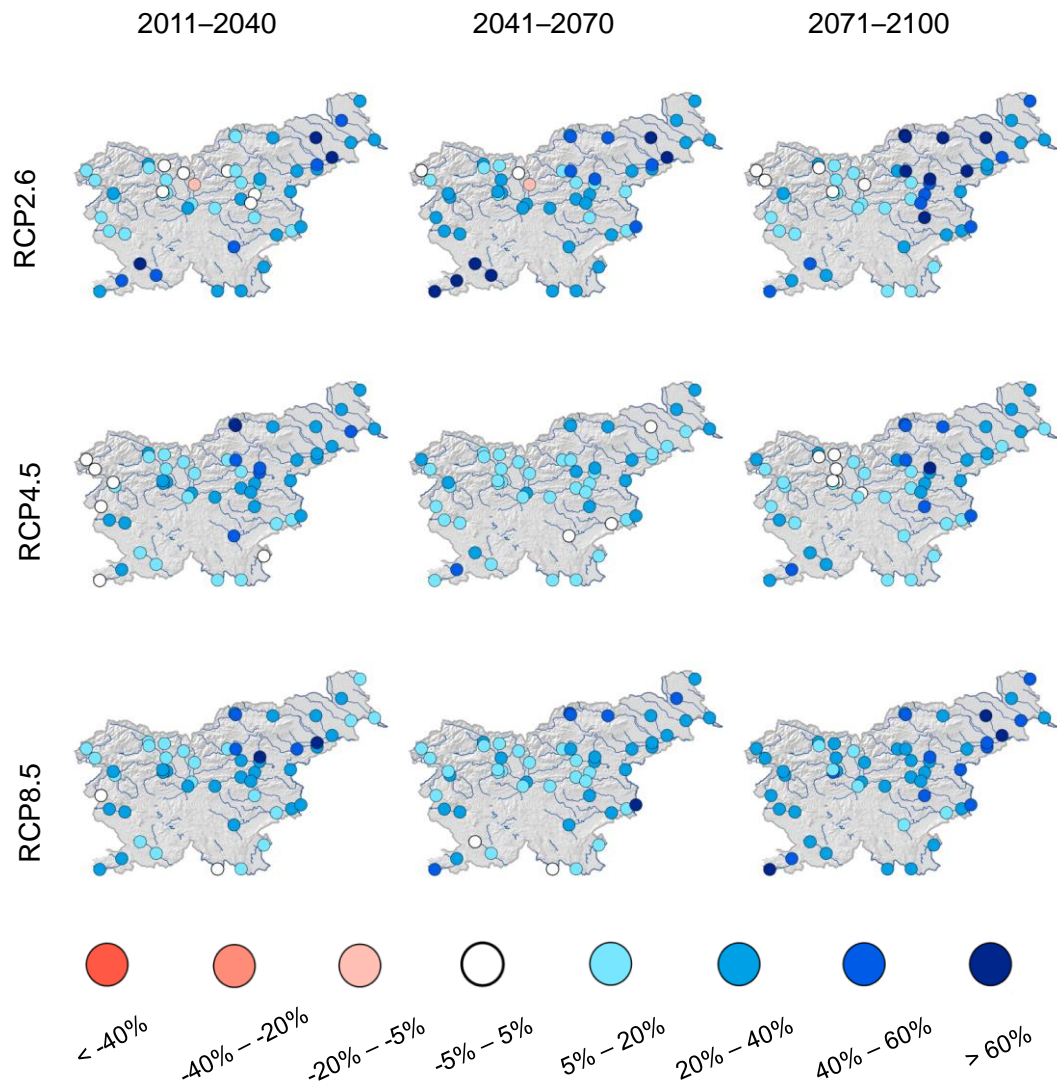
# Časovni potek spremembe srednjih malih pretokov

- Spremembe srednjih malih pretokov so prostorsko neenotne in le ponekod v severni polovici države kažejo po zmerno optimističnem in pesimističnem scenariju na značilno povečanje za približno 20 %.



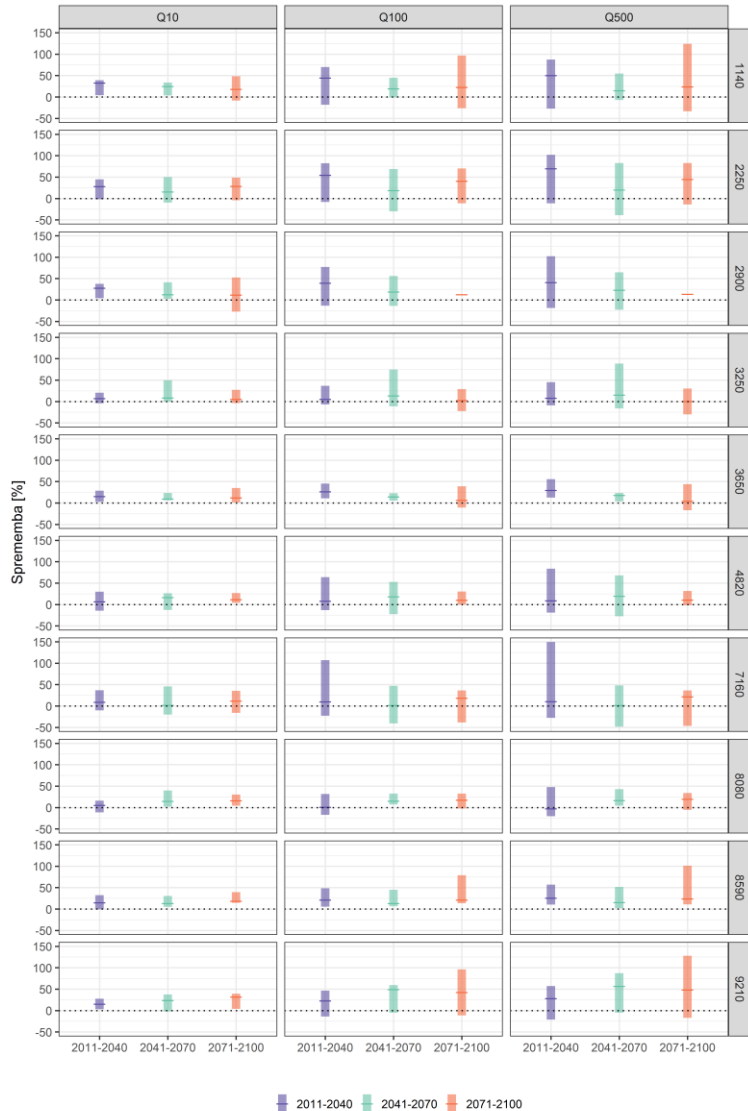
# Ocena sprememb povratnih dob letnih visokovodnih konic

- Pretoki letnih visokovodnih konic s 100-letno povratno dobo (Q100) kažejo na povečanje v vseh scenarijih za vsa obdobja v prihodnosti glede na obdobje 1981–2010.
- Večja povečanja se pričakuje na severovzhodu države.

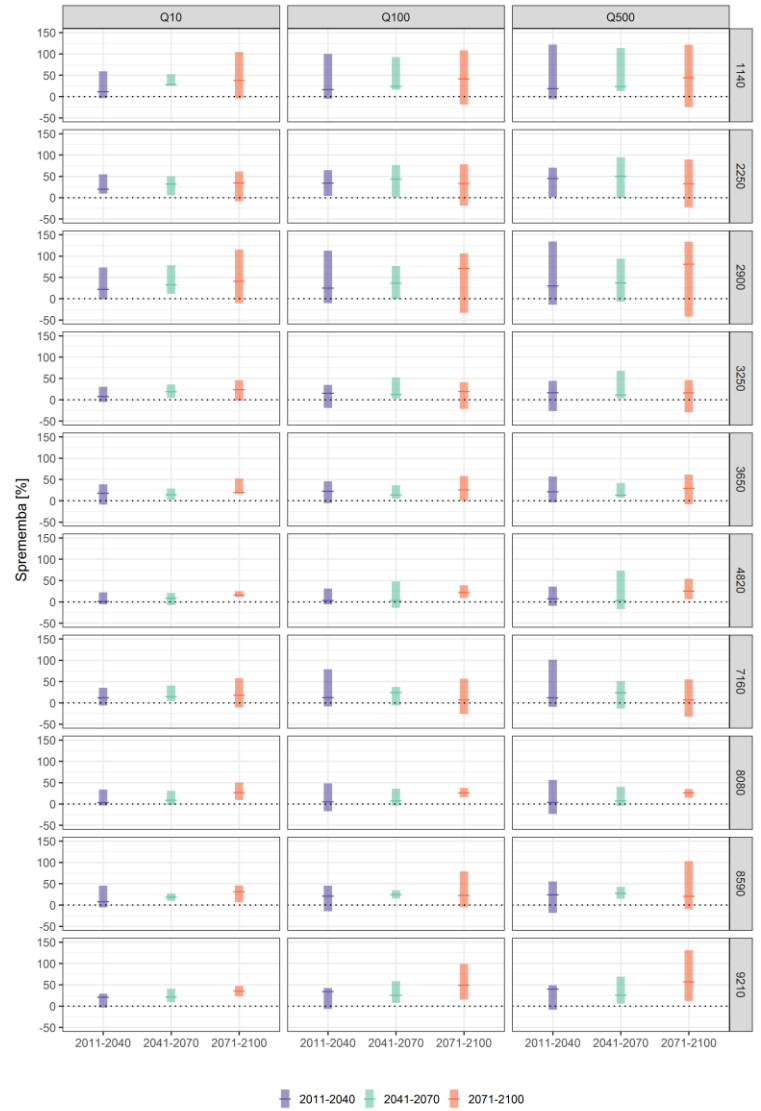


# Interval spremembe povratnih dob letnih visokovodnih konic

zmerno optimističen scenarij (RCP4.5)

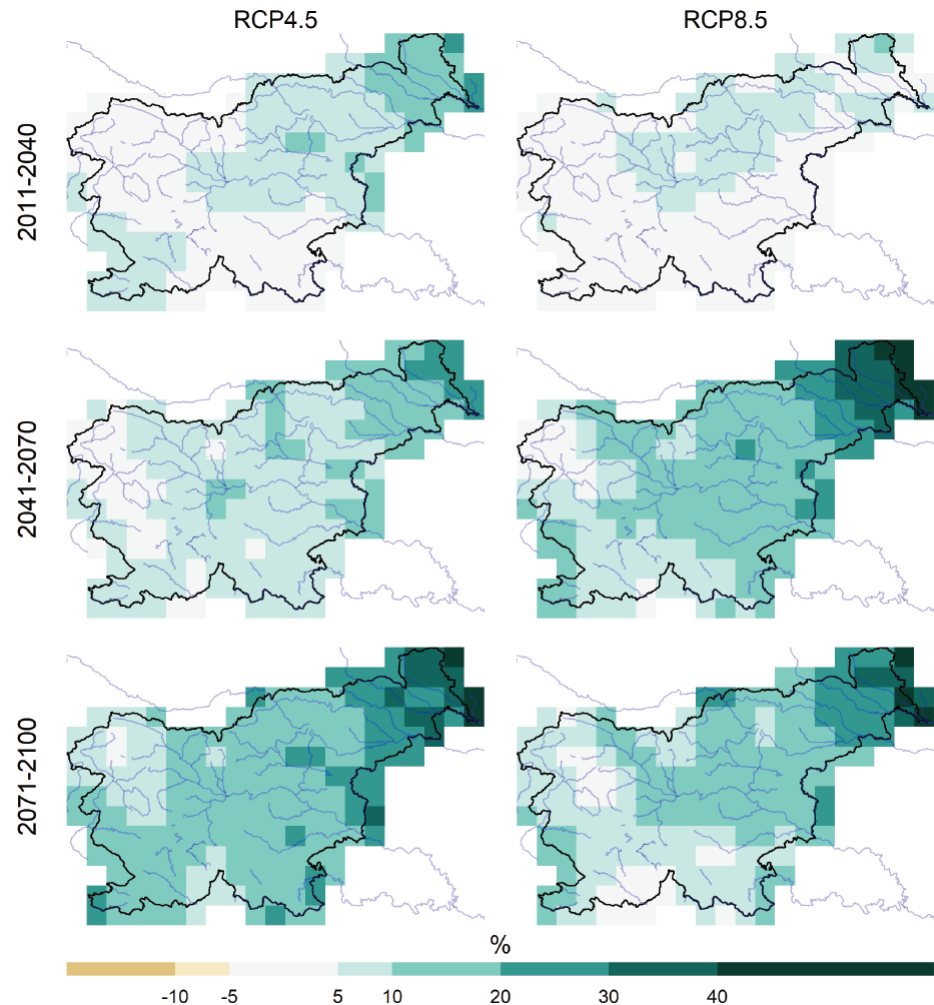


pesimističen scenarij (RCP8.5)



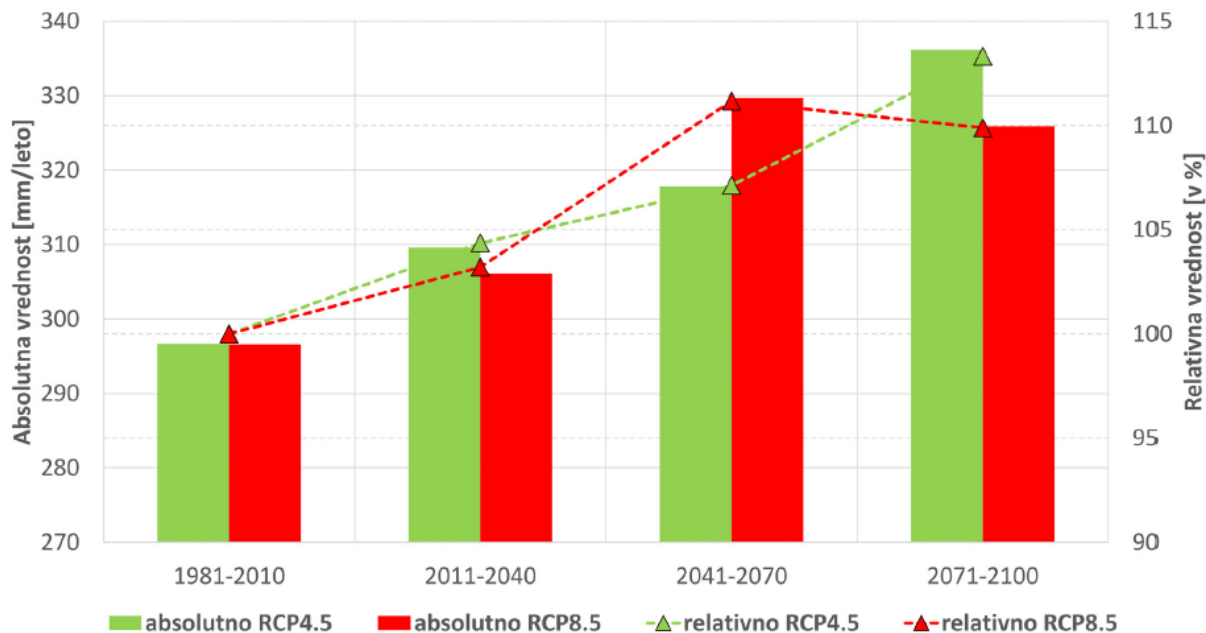
# NAPAJANJE PODZEMNE VODE

- Vpliv podnebnih sprememb na napajanje podzemne vode v Sloveniji smo ocenili na osnovi spremembe vodne bilance.
- Za izračun vodne bilance in napajanje podzemne vode je bil uporabljen vodno-bilančni model GROWA-SI (Andjelov in sod., 2013).



# NAPAJANJE PODZEMNE VODE

- Ne glede na scenarij izpustov toplogrednih plinov se bo povprečno letno napajanje podzemne vode v primerjavi z obdobjem 1981–2010 do konca stoletja povečalo v povprečju do 20 %.
- Izstopa severovzhodna Slovenija, kjer lahko povečanje preseže 30 %.





Hvala za pozornost!