

# Podnebne spremembe in viri pitne vode v Sloveniji

dr. Peter Frantar >>>>  
ARSO  
FVO



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA OKOLJE, PODNEBJE IN ENERGIJO  
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE



ARSO VODE



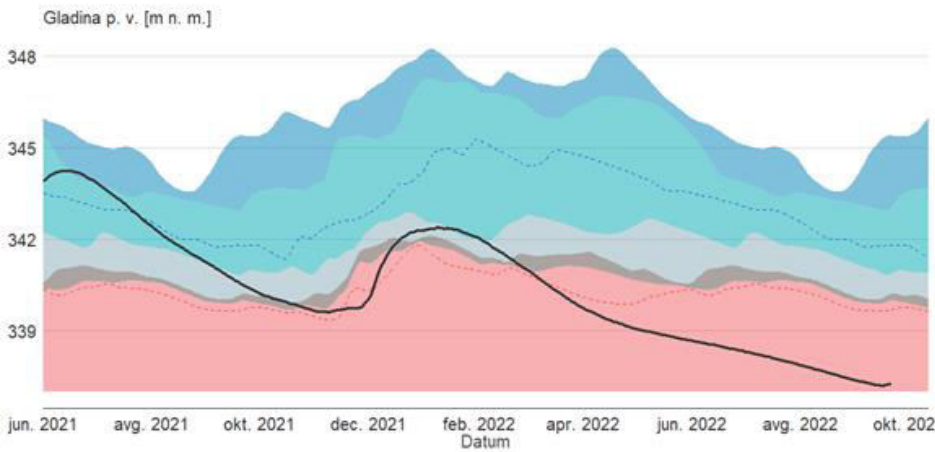




Brnik - Kranjsko polje



## SUŠA 2022



## POPLAVE 2023





- **Stabilen vir:** Gibanje podzemne vode je počasno, kar omogoča stabilnejše in dolgotrajnejše vire vode.
- **Velike količine.**
- **“Zaščiten” vir.**
- **Neviden vir.**



# Pomen podzemne vode v Sloveniji in Svetu

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

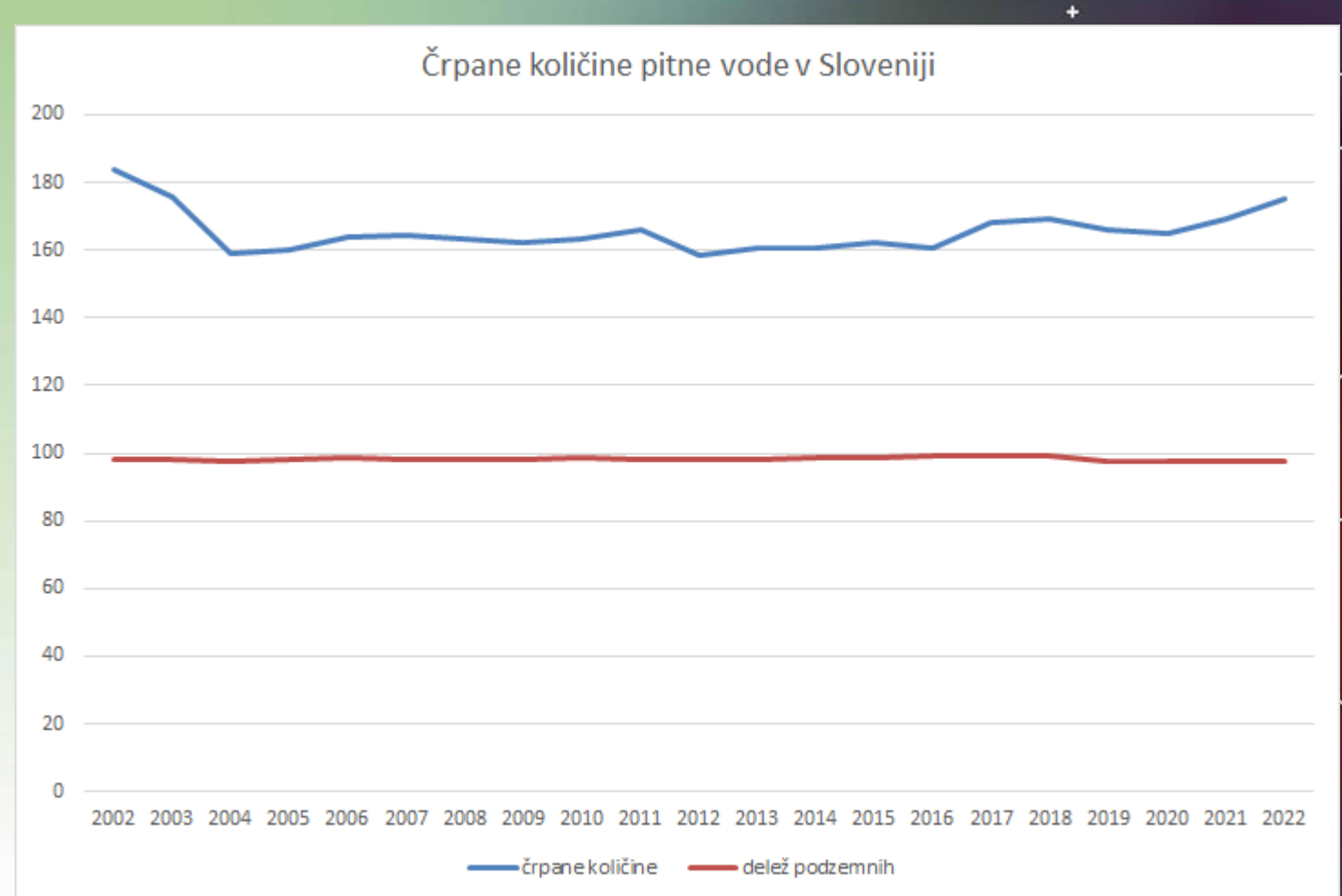
- Podzemna voda predstavlja največji vir sladke vode na svetu, brez ledenikov, kar je ključno za oskrbo s pitno vodo.
- Podzemna voda predstavlja več kot 65 % vse pitne vode v Evropi.



# Pomen podzemne vode v Sloveniji in Svetu

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- V Sloveniji pridobimo kar 98 % pitne vode iz podzemnih virov.



- **Geografska razporeditev**

Količina podzemne vode v Sloveniji je odvisna od padavin in kamninske zgradbe, kar vpliva na izdatnost.

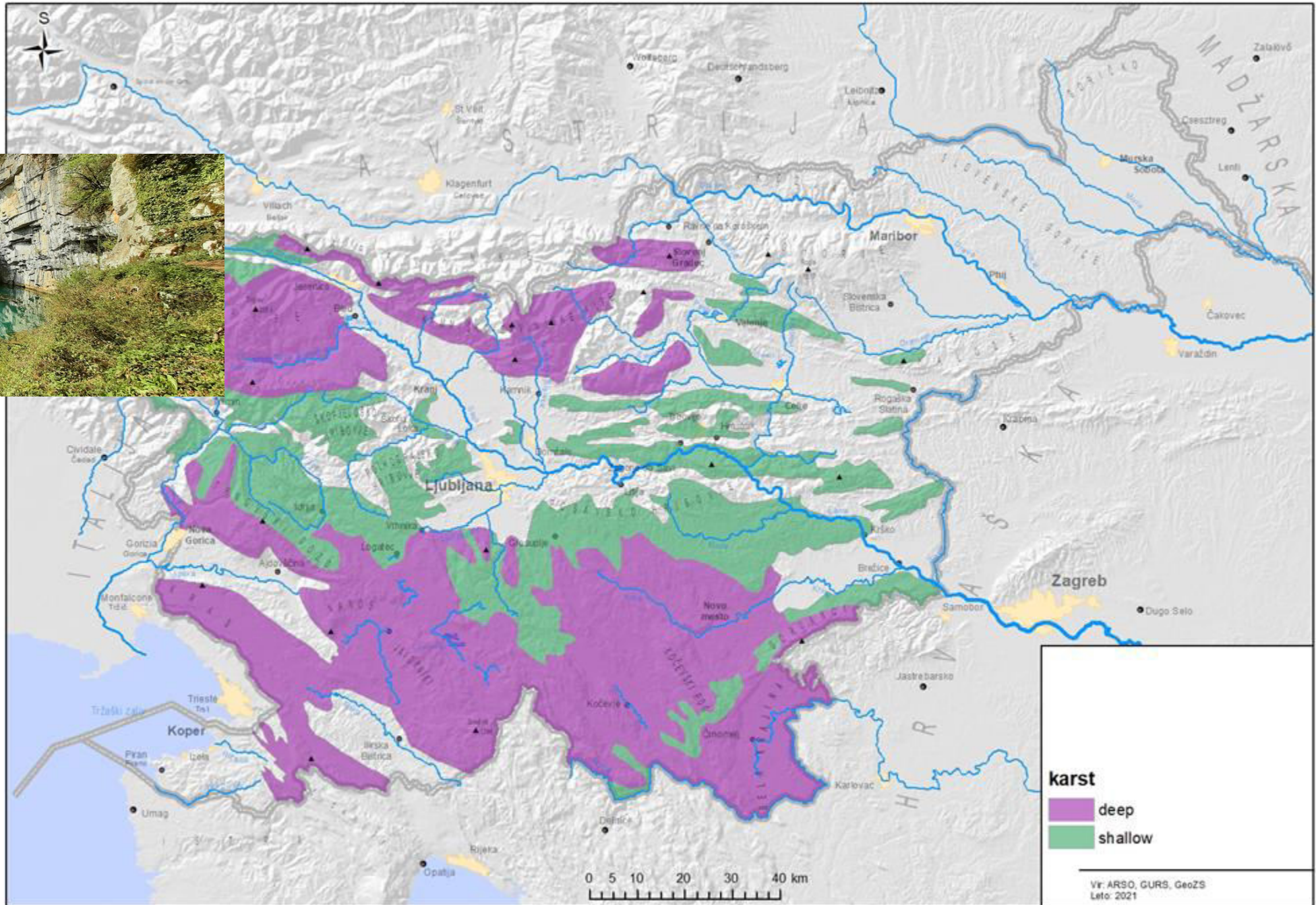
- **Kraški vodonosniki**

Kras predstavlja 51 % slovenskega ozemlja in je ključnega pomena za podzemno vodo in njeno kakovost.





# KRAS





Natančno določanje količin podzemne vode je zapleteno in zahteva posebne metode.

Najbolj uveljavljene so vodno bilančne analize → obnovljive količine.

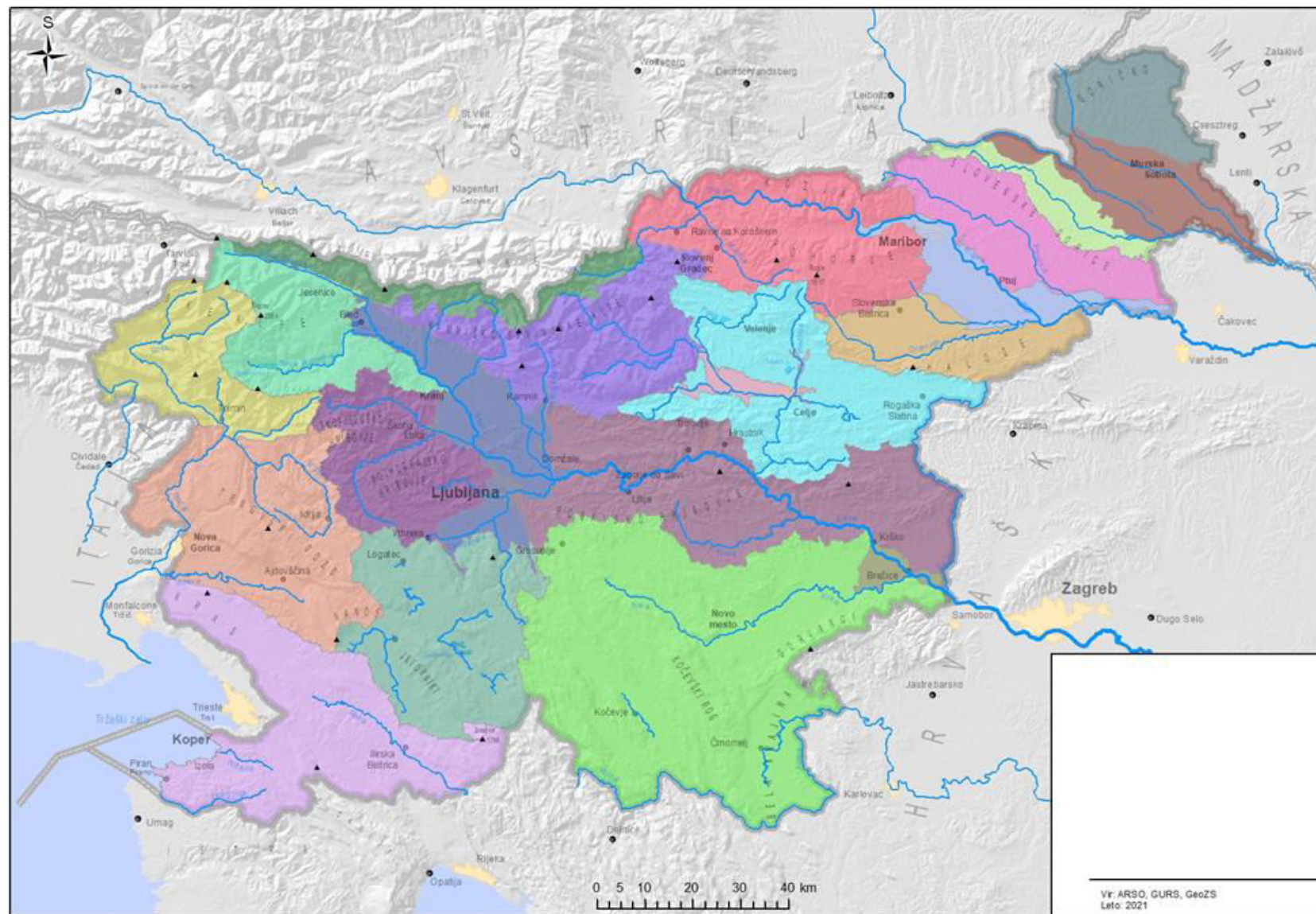
Obnovljive količine podzemne vode se naravno obnavljajo skozi hidrološki cikel.



# OCENA VODNIH KOLIČIN - VODNA TELESA

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

21 VODNIH TELES



Vr: ARSO, GURS, GeoZS  
Leto: 2021



# Model mGROWA

Model mGROWA omogoča oceno bilančnega napajanja podzemne vode, kar je ključno za trajnostno rabo virov.

Razvoj:  
ARSO + FZ Jülich



REPUBLIC OF SLOVENIA  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT, CLIMATE AND ENERGY  
SLOVENIAN ENVIRONMENT AGENCY

### mGROWA – Basic water balance equations

Balancing the amount of water for every grid cell based on the water balance equation:

$$p + q_{in} = et_a + q_t + (s_2 - s_1)$$

Calculation of the actual evapotranspiration based on the Penman-Monteith-equation, **site-specific parameters and site-specific functions:**

$$et_a = et_0 \cdot k_{LN} \cdot f(\beta, \gamma) \cdot f(s)$$

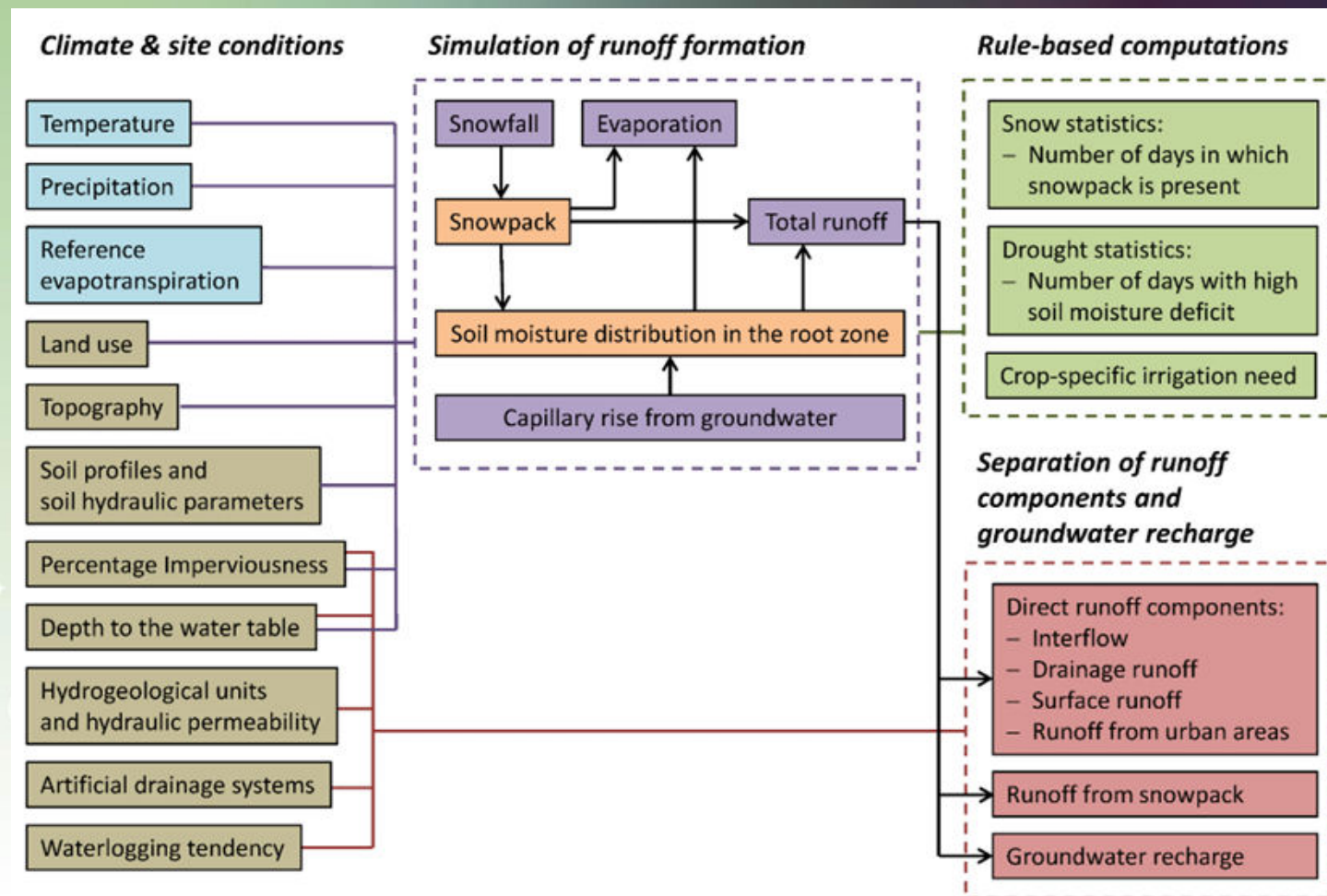
BOWAB  
for sites with  
vegetation

impervious  
surface

...  
expandable

function  $f(s)$  is defined differently for different sites

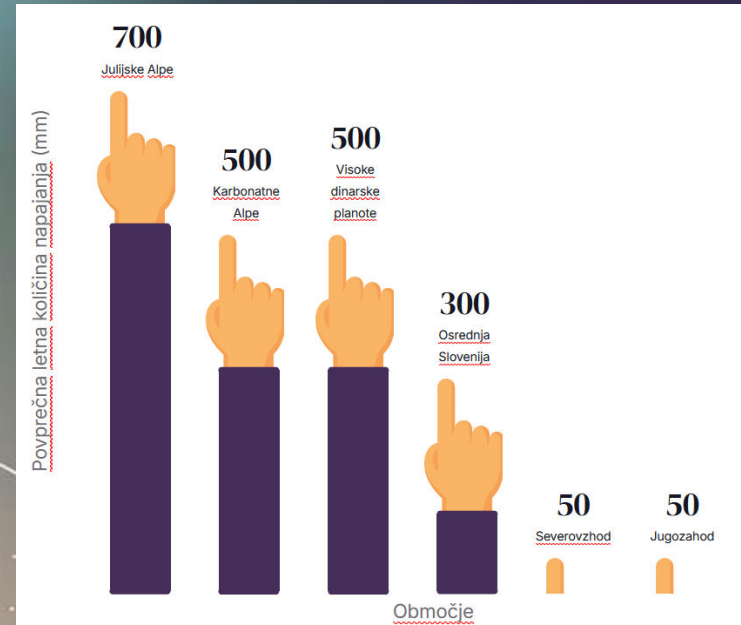
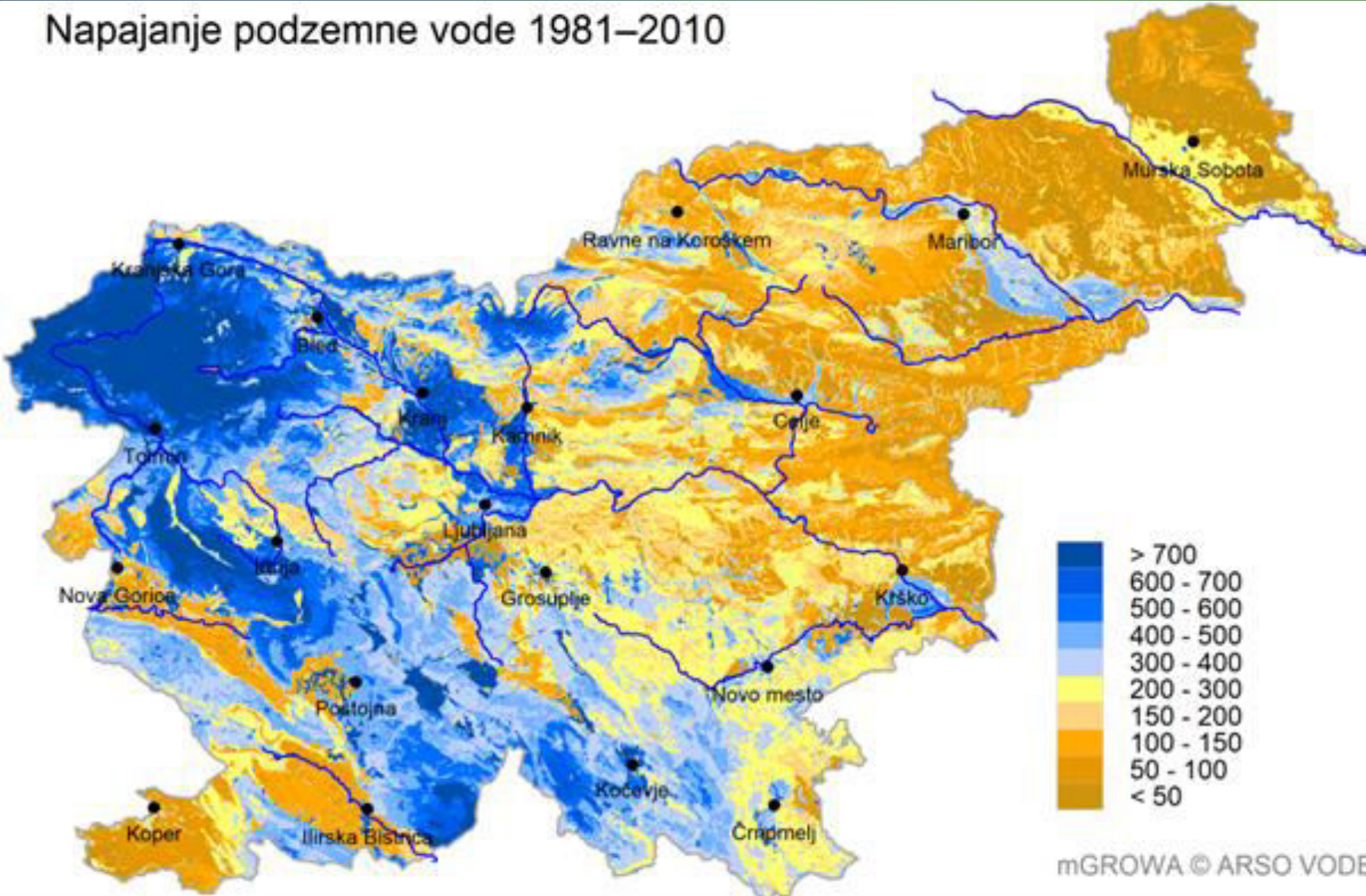
Slovenia:  
2,027,330 individual grid cells (100 m size)





# Model mGROWA

## Napajanje podzemne vode 1981–2010



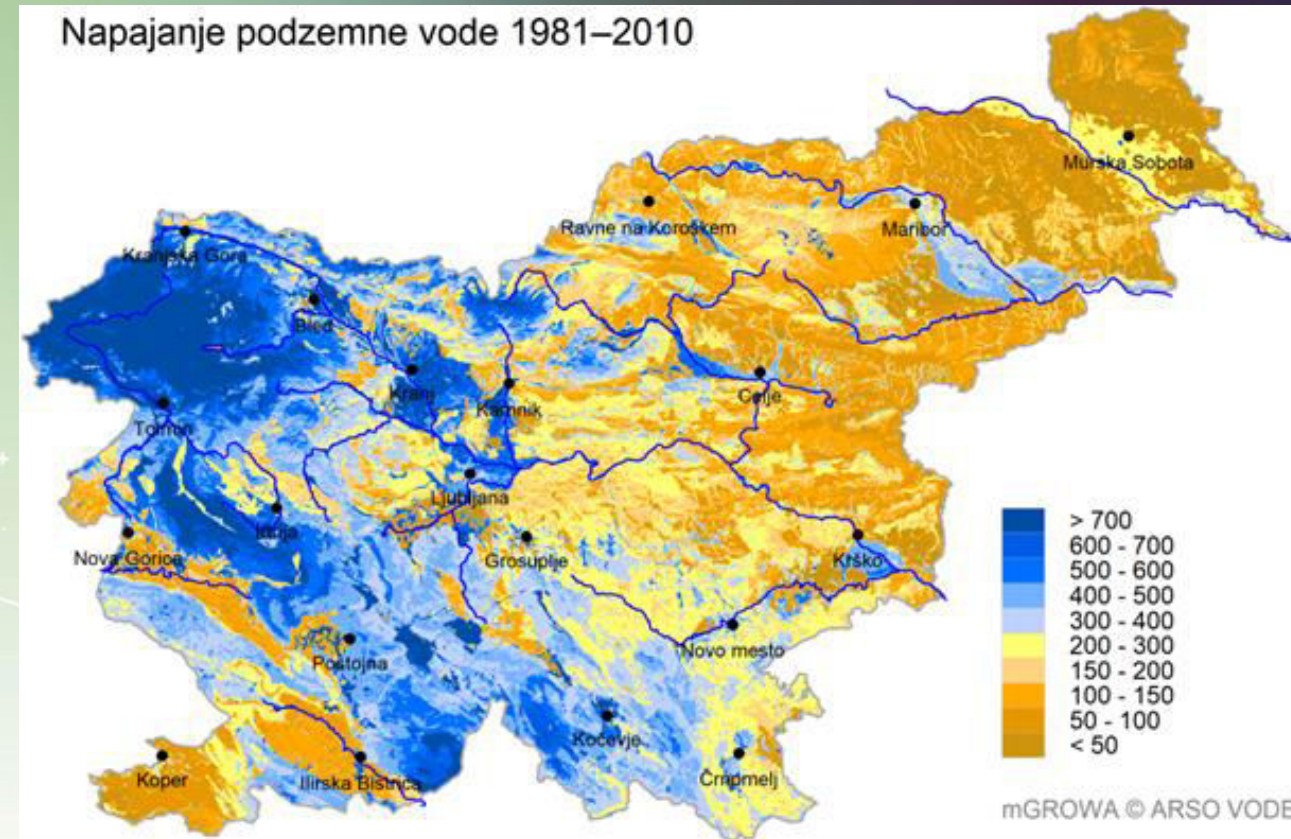
Povprečno letno napajanje 1991-  
2020: **187,6 m<sup>3</sup>/s**

Kraški vodonosniki: **130 m<sup>3</sup>/s**

Medzrnski: **17 m<sup>3</sup>/s**

Razpoklinski vodonosniki **34 m<sup>3</sup>/s**

Mešana poroznost **6,3 m<sup>3</sup>/s**

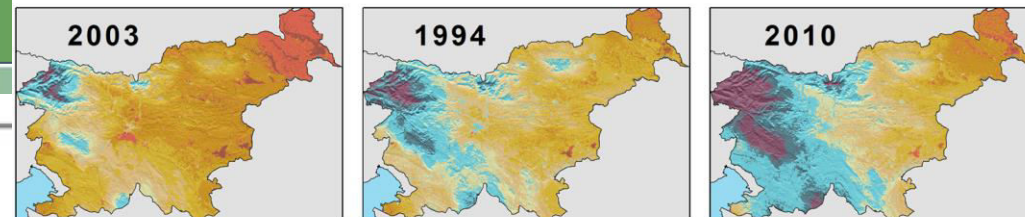




# mGROWA - MEDLETNA VARIABILNOST

17 konferenca

## Suho, povprečno in mokro leto

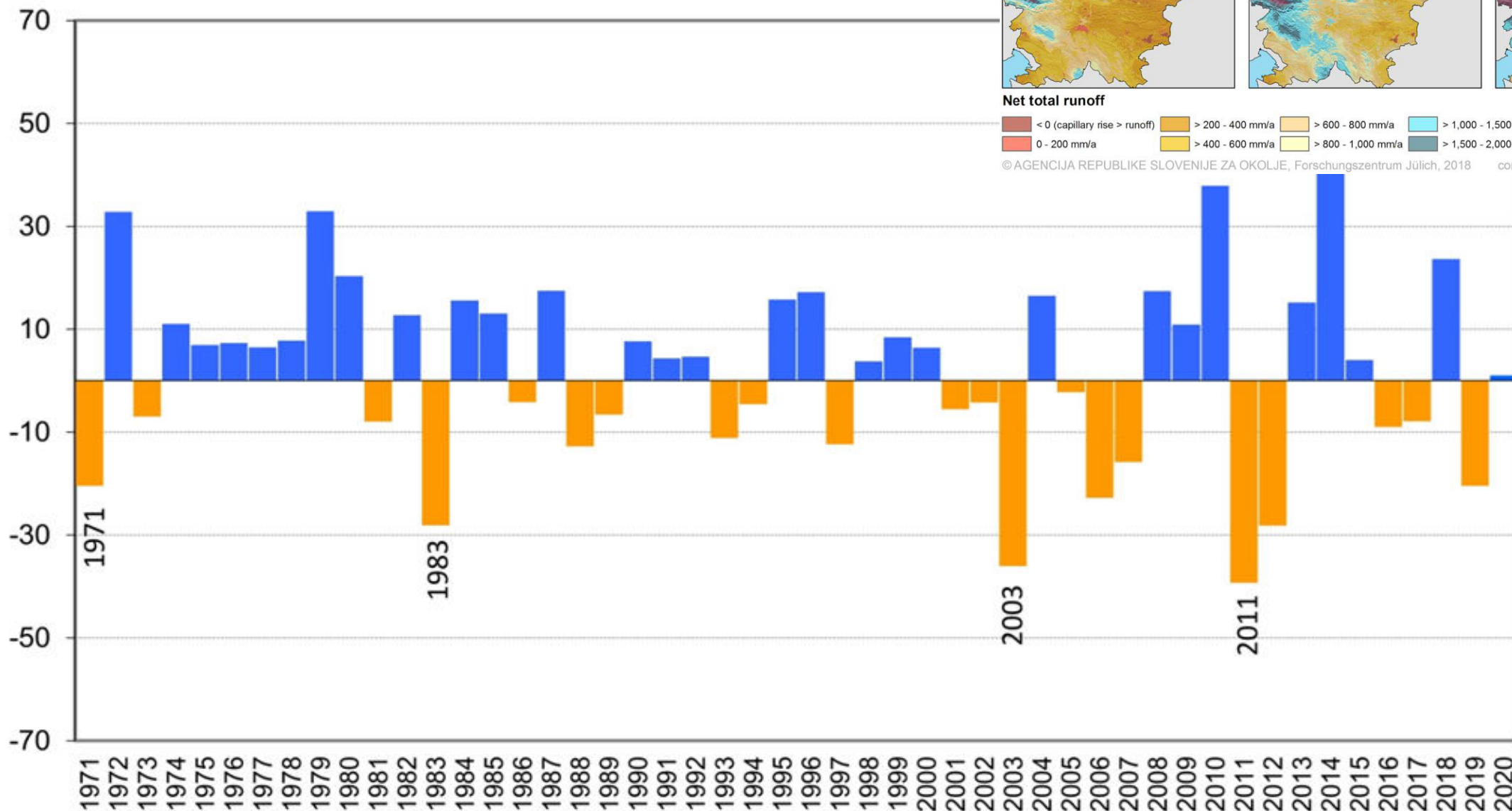


### Net total runoff



© AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE, Forschungszentrum Jülich, 2018 computed using mGROWA 2018

Napajanje podzemne vode v Sloveniji -  
odstopanje od povprečja 1991-2020 (%)



# Analiza količin: razpoložljive količine

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

V Sloveniji imamo povprečno 4 milijarde m<sup>3</sup> razpoložljivih količin podzemne vode na leto.





Podatki vodnih povračil - večina (~85%) za pitno vodo.

Skupna raba podzemne vode v Sloveniji: 189 milijonov m<sup>3</sup>

54 milijonov m<sup>3</sup> - izviri

135 milijonov m<sup>3</sup> - vrtine

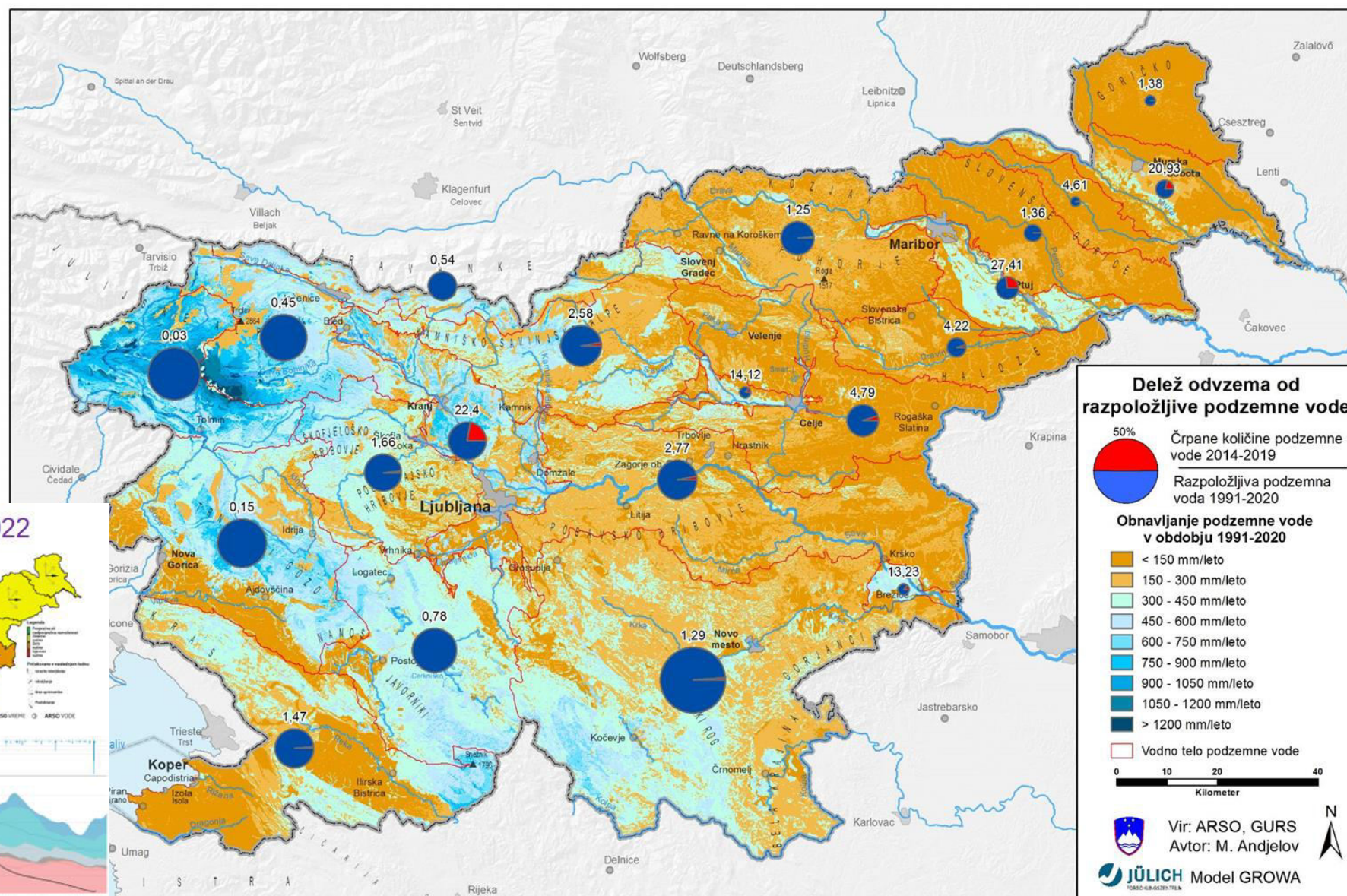
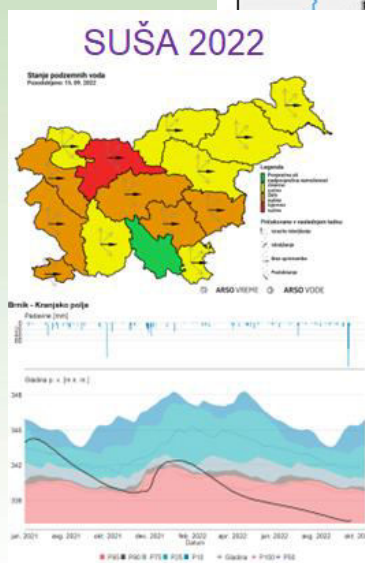


# ODVZEMI podzemne vode v Sloveniji

od < 1 - 26% na VT

REGIONALNE  
IN  
SEZONSKE  
RAZLIKE

...RIŽANA 2022





- IPPC scenariji 5AR
- IPPC 6AR v pripravi

## Action Report 6 (AR6):

### Water availability and food production



Physical  
water  
availability



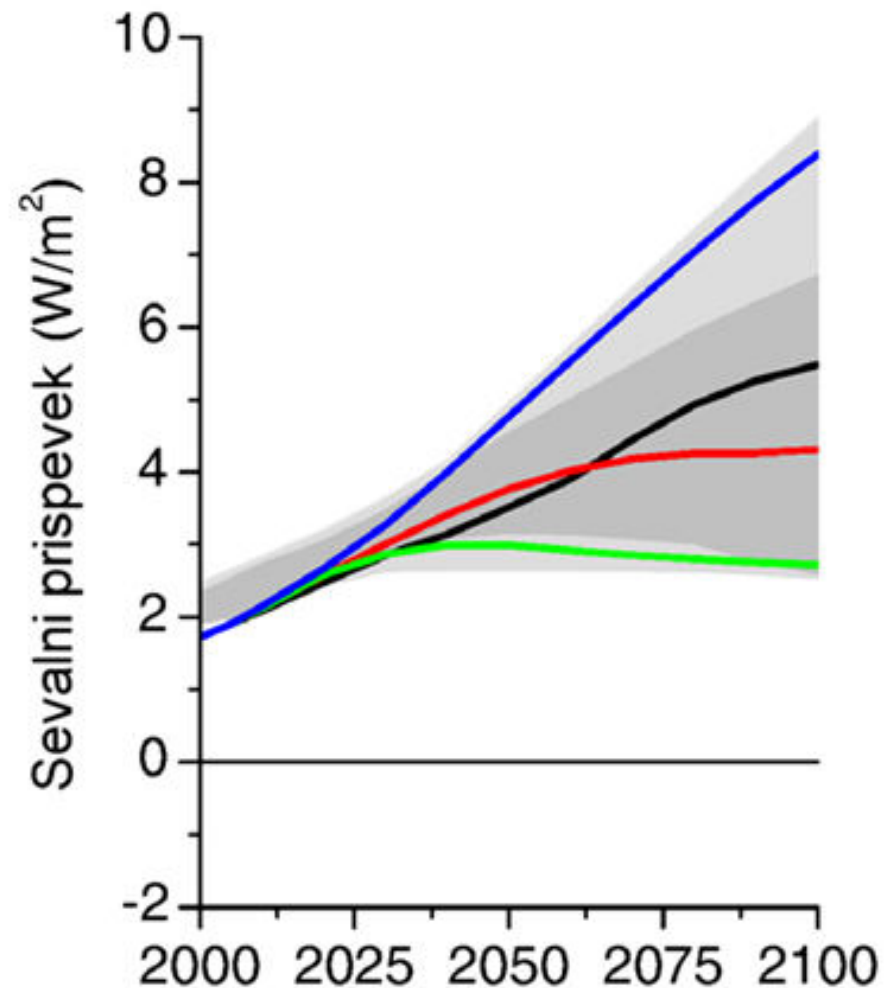
Agriculture/  
crop  
production



Animal and  
livestock  
health and  
productivity



Fisheries  
yields and  
aquaculture  
production



# Podnebne spremembe in vodni krog

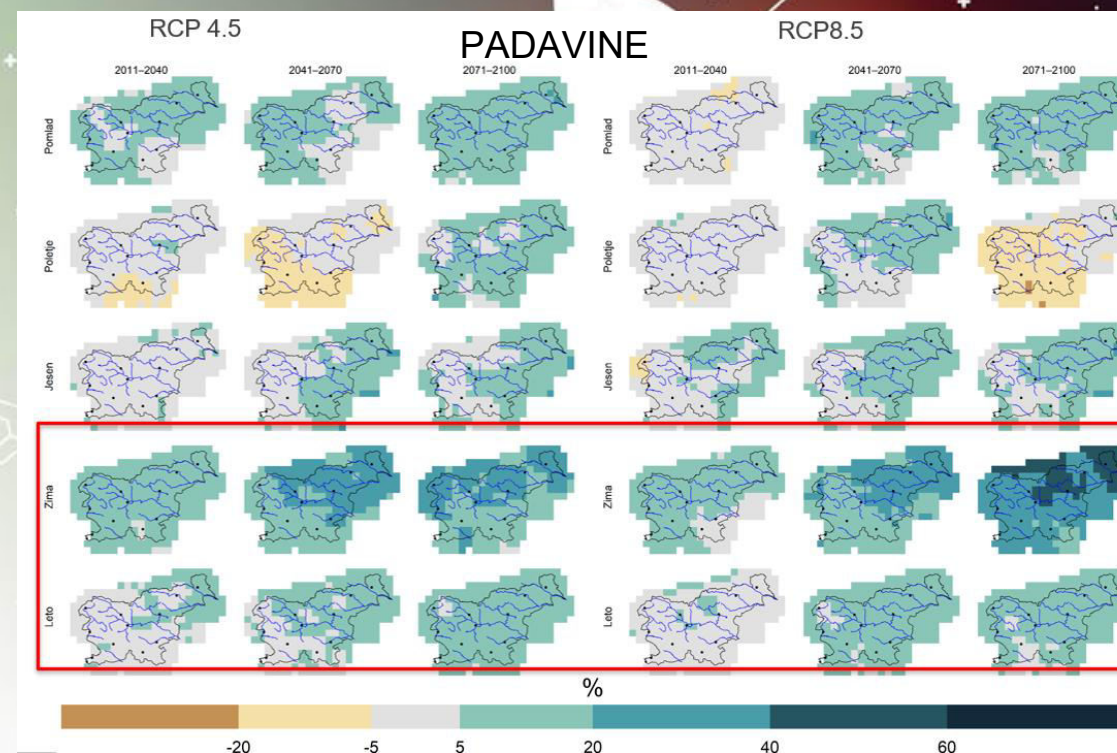
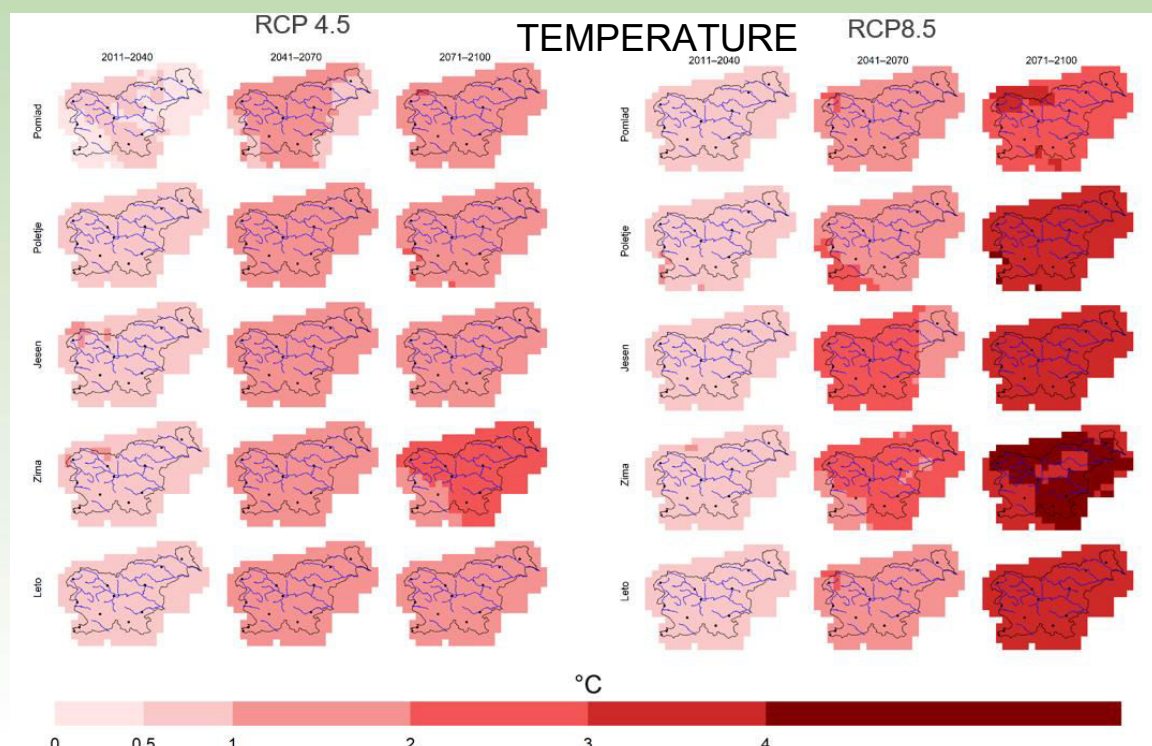




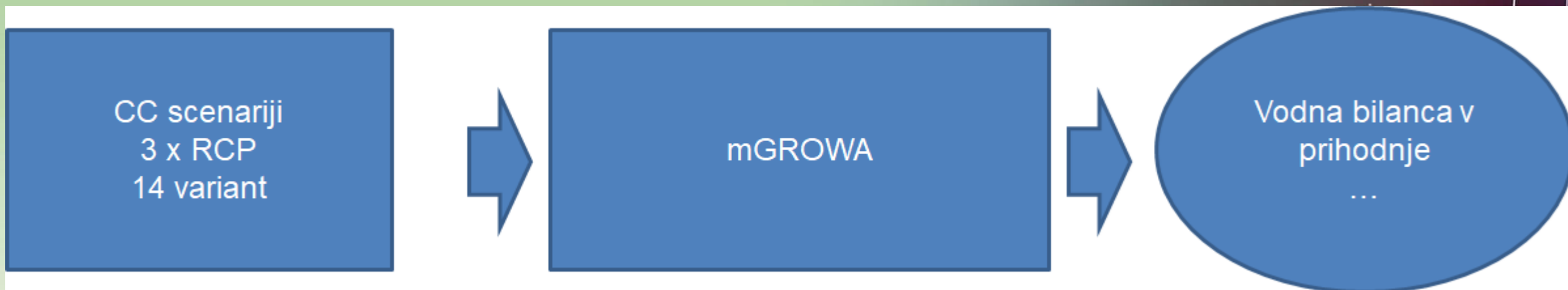
# Podnebne spremembe - mGROWA

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- IPCC scenariji 5AR
- 3 SCENARIJI
- 6 regionalnih modelov EURO-CORDEX
- 30 letne periode 1981 do 2100



SPREMEMBE KOLIČIN IN RAZPOREDITVE:  
temperature  
količine padavin  
vrste padavin

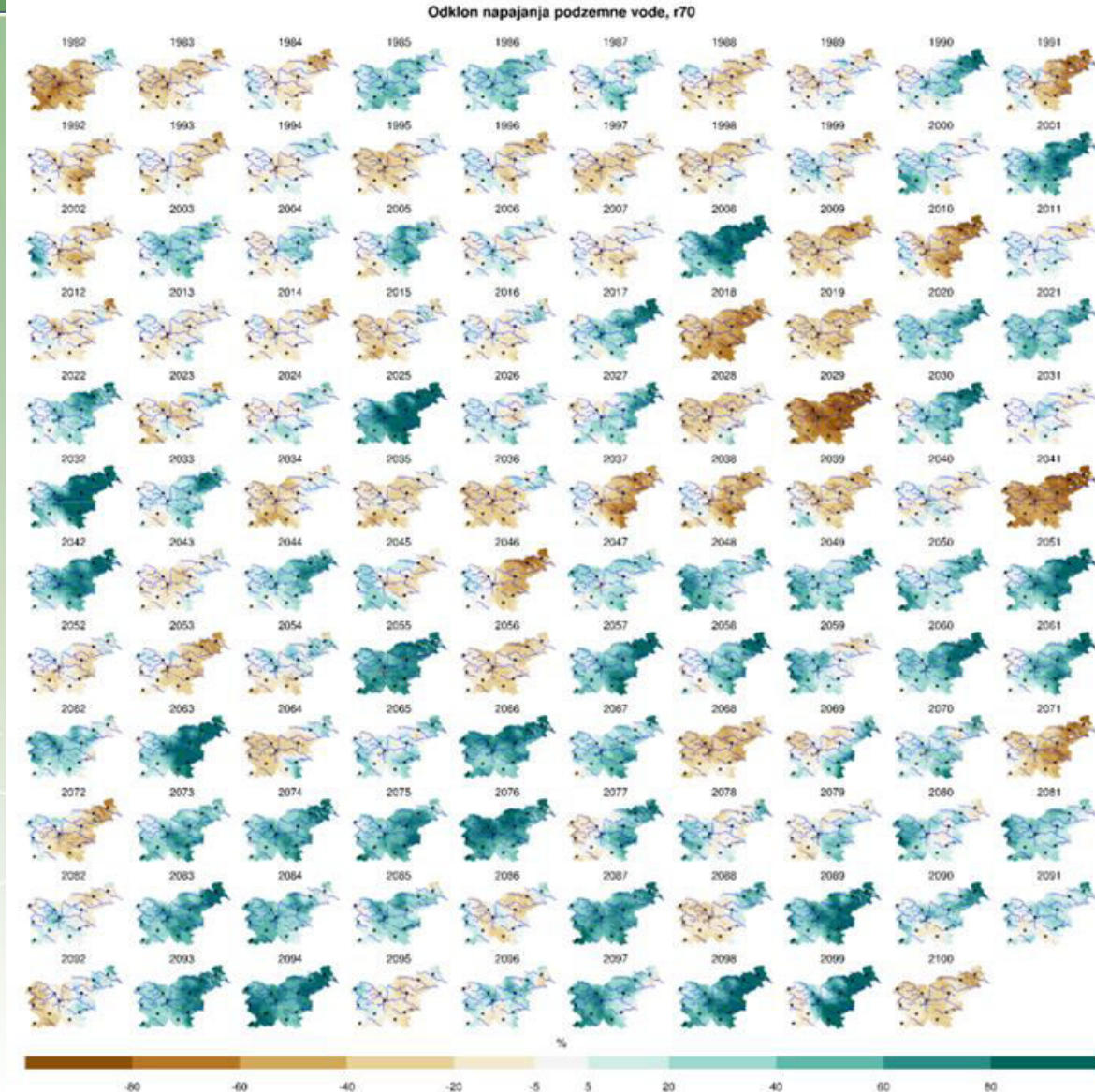
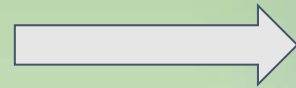


**RCP scenariji**  
**30 letna obdobja**



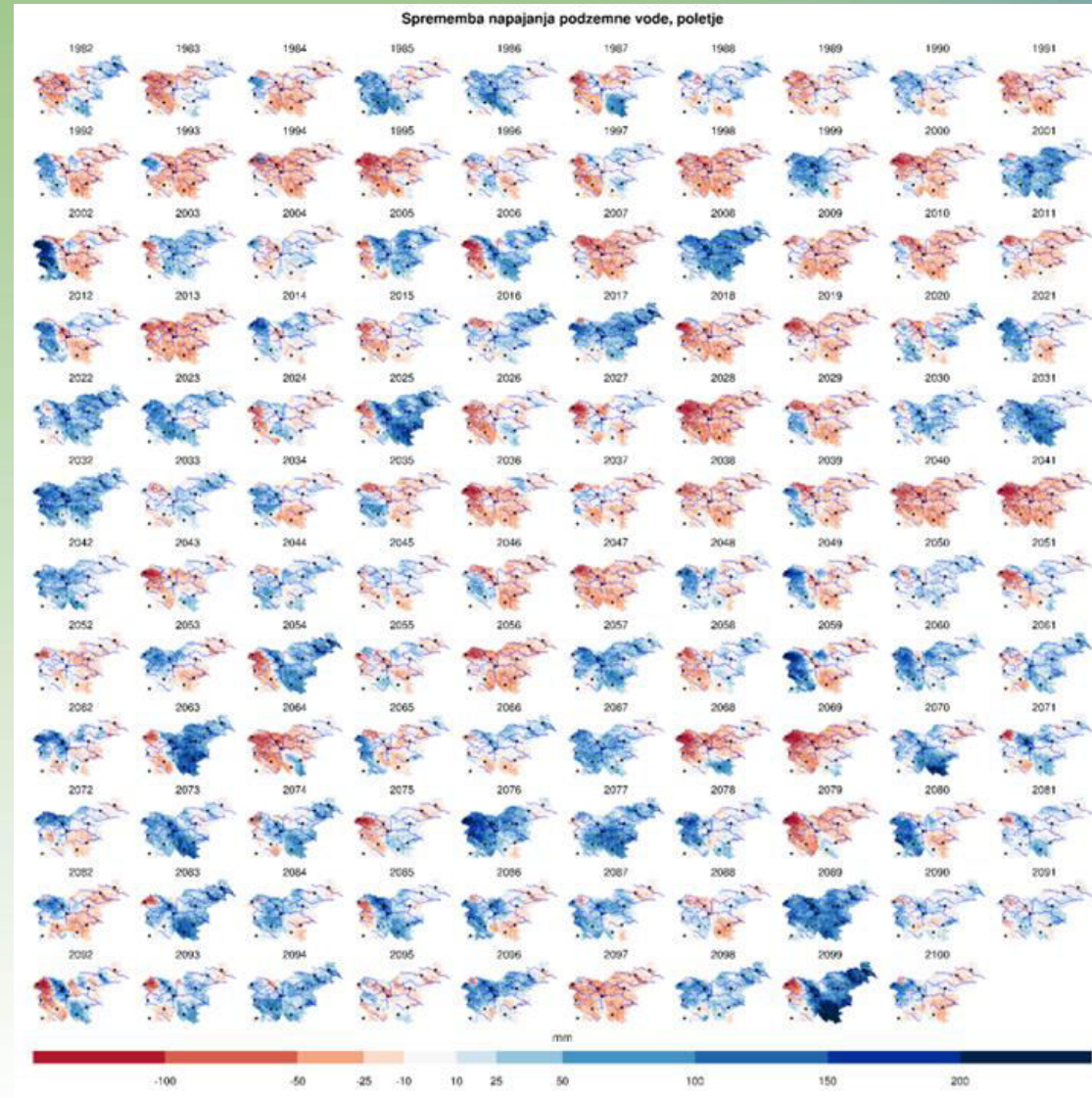
# Modeliranje vpliva podnebnih sprememb vsi bilančni parametri... npr. leto

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva



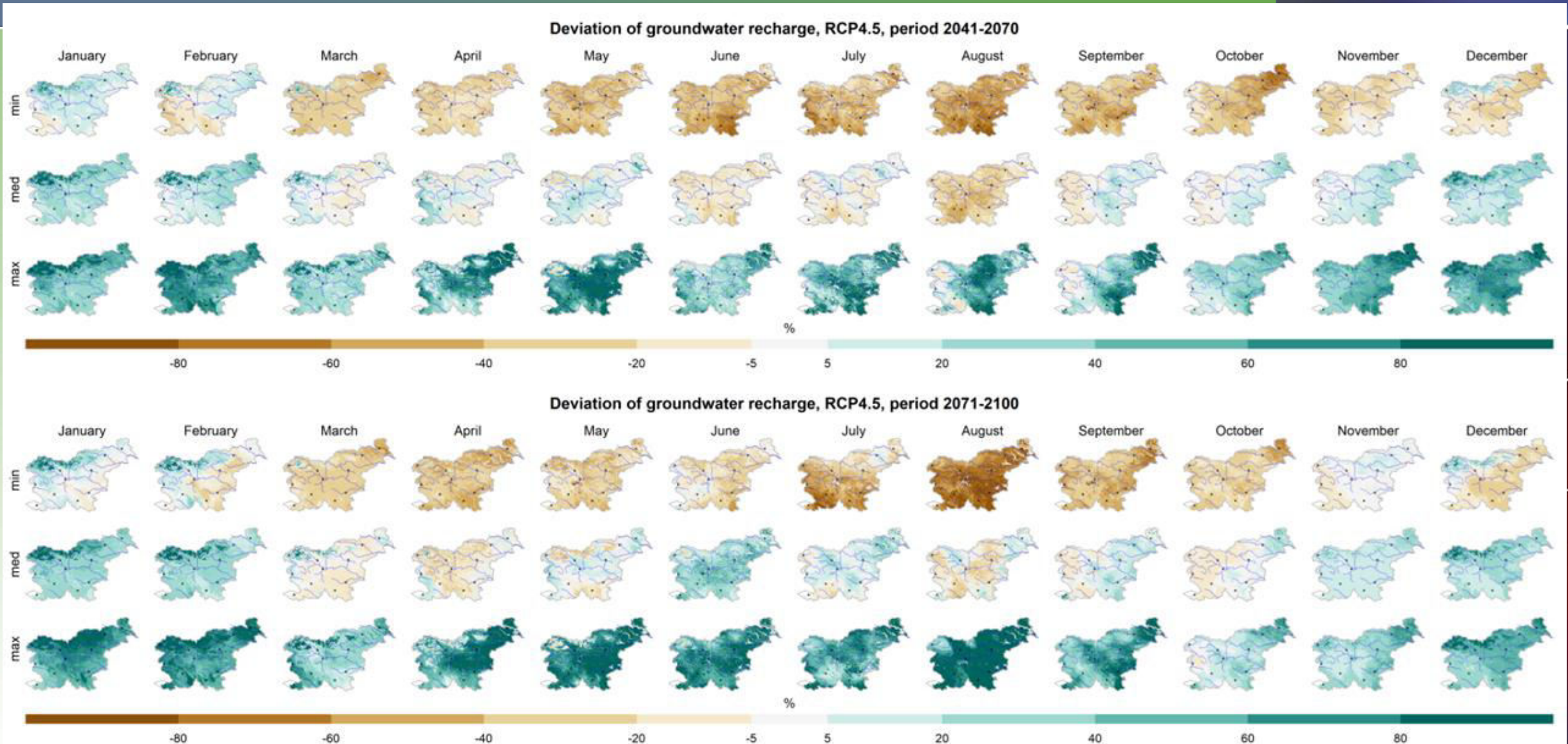


# Modeliranje vpliva podnebnih sprememb vsi bilančni parametri... npr. poletje





# Primer: mesečna odstopanja



- NAPAJANJE PODZEMNE VODE
- SKUPNI ODTOK





# NAPAJANJE PODZEMNE VODE V PRIHODNJE - LETO

Napajanje podzemne vode, RCP4.5, leto

Napajanje podzemne vode, RCP8.5, leto

Odklon glede na obdobje 1982-2010

Zanesljivost

Odklon glede na obdobje 1982-2010

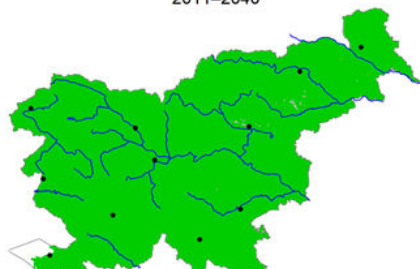
Zanesljivost

2011-2040

2011-2040

2011-2040

2011-2040

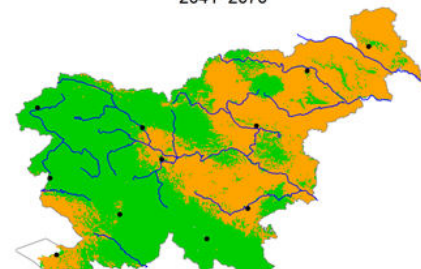


2041-2070

2041-2070

2041-2070

2041-2070

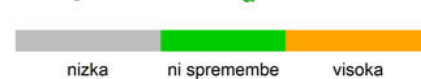
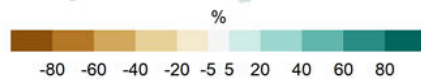
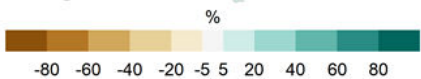
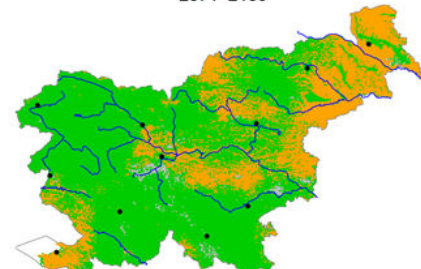


2071-2100

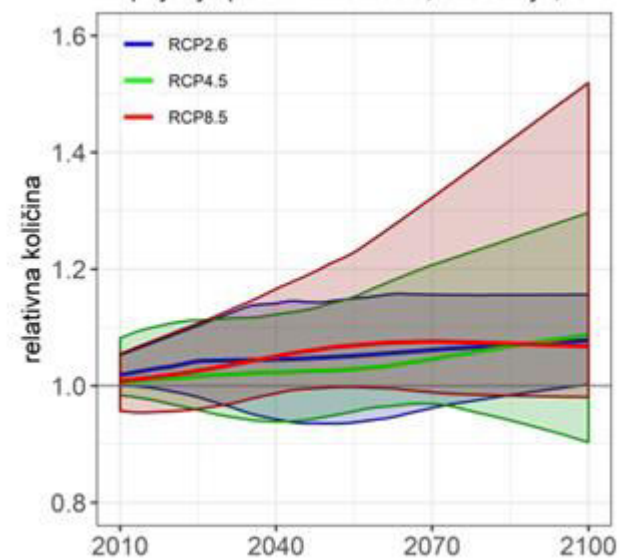
2071-2100

2071-2100

2071-2100



Napajanje podzemne vode, Slovenija, leto





# NAPAJANJE PODZEMNE VODE V PRIHODNJE - ZIMA

Napajanje podzemne vode, RCP4.5, zima

Napajanje podzemne vode, RCP8.5, zima

Odklon glede na obdobje 1982-2010

Zanesljivost

Odklon glede na obdobje 1982-2010

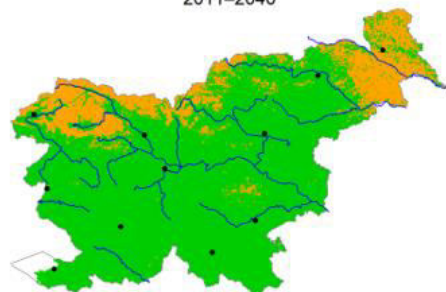
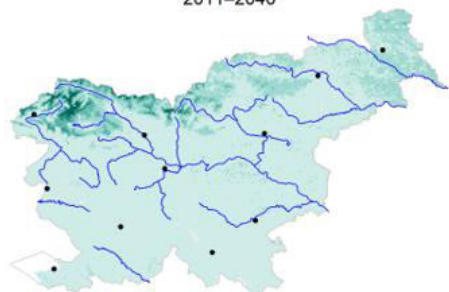
Zanesljivost

2011-2040

2011-2040

2011-2040

2011-2040

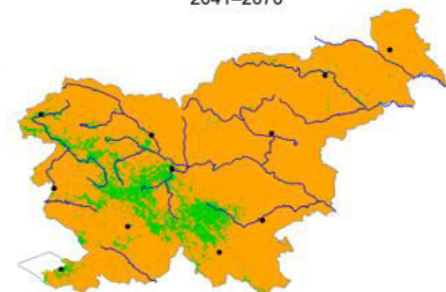
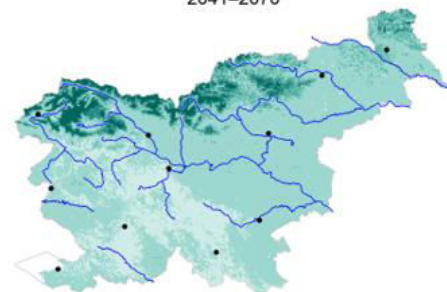
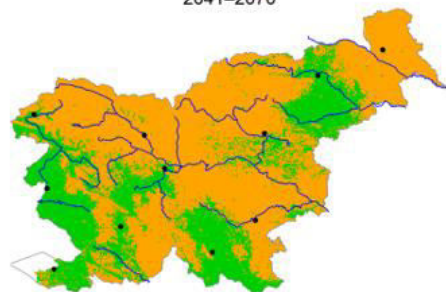
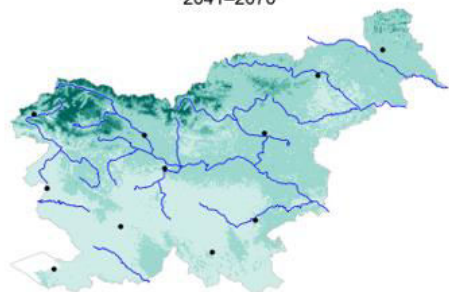


2041-2070

2041-2070

2041-2070

2041-2070

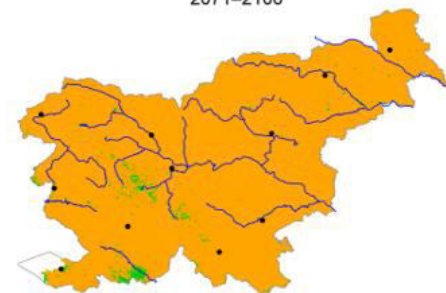
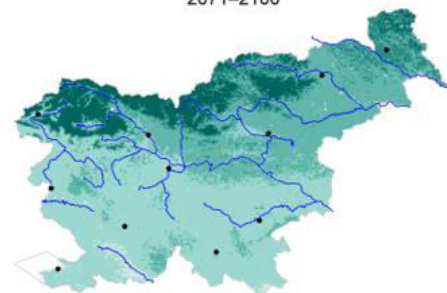
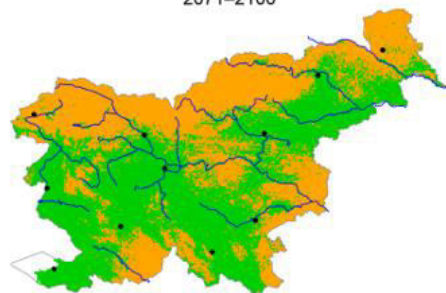
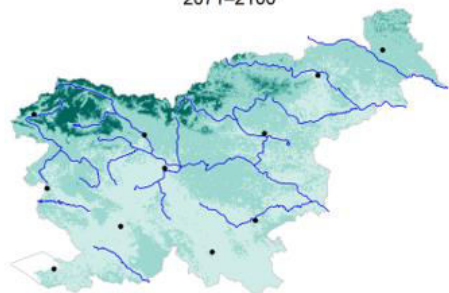


2071-2100

2071-2100

2071-2100

2071-2100



%

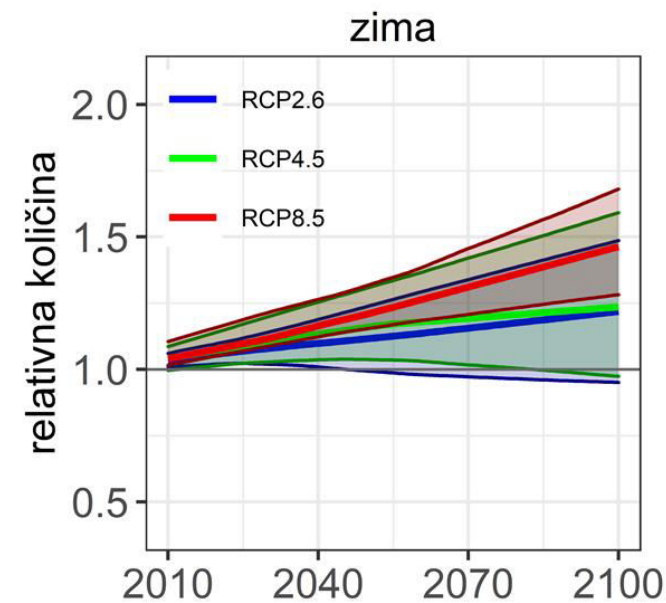
%

-80 -60 -40 -20 -5 5 20 40 60 80

-80 -60 -40 -20 -5 5 20 40 60 80

nizka ni spremembe visoka

nizka ni spremembe visoka





# NAPAJANJE PODZEMNE VODE V PRIHODNJE - POLETJE

Napajanje podzemne vode, RCP4.5, poletje

Napajanje podzemne vode, RCP8.5, poletje

Odklon glede na obdobje 1982-2010

Zanesljivost

Odklon glede na obdobje 1982-2010

Zanesljivost

2011-2040

2011-2040

2011-2040

2011-2040

2041-2070

2041-2070

2041-2070

2041-2070

2071-2100

2071-2100

2071-2100

2071-2100

%

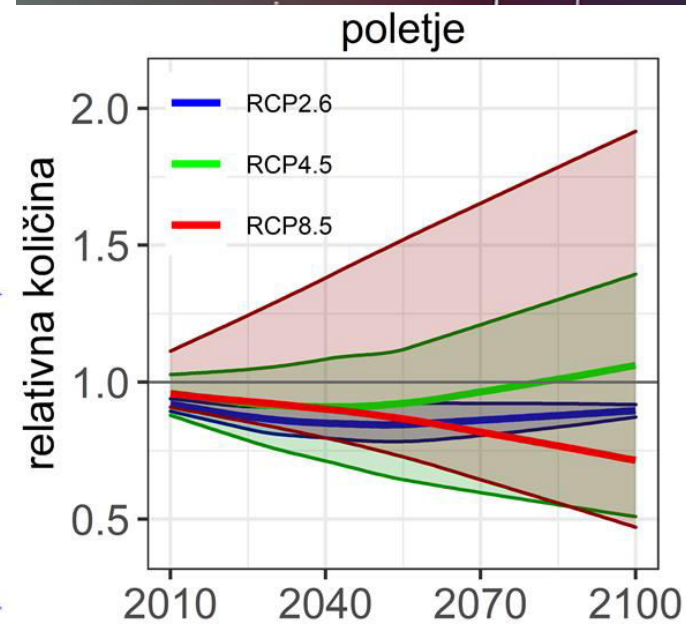
%

-80 -60 -40 -20 -5 5 20 40 60 80

-80 -60 -40 -20 -5 5 20 40 60 80

nizka ni spremembe visoka

nizka ni spremembe visoka



# NAPAJANJE PODZEMNE VODE V PRIHODNJE - RCP4.5 - ZMERNI SCEN.

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- 2011–2040 in 2041-2070 spremembe v napajanju podzemne vode majhne, večina sprememb ostaja v okviru naravnih nihanj.
- 2071–2100 se rahlo povečanje napajanja podzemne vode v večini države, z izjemo visokogorja Alp, kjer bo prišlo do upada. Zanesljivost je visoka v vzhodnem delu države.
- Zimsko povečanje v visokogorju in sredogorju je večinoma povsod zanesljivo. >>>>
- Poletne spremembe zelo variabilne in nezanesljive.

**Pomladi in jeseni so spremembe večinoma v okviru naravnih nihanj.**

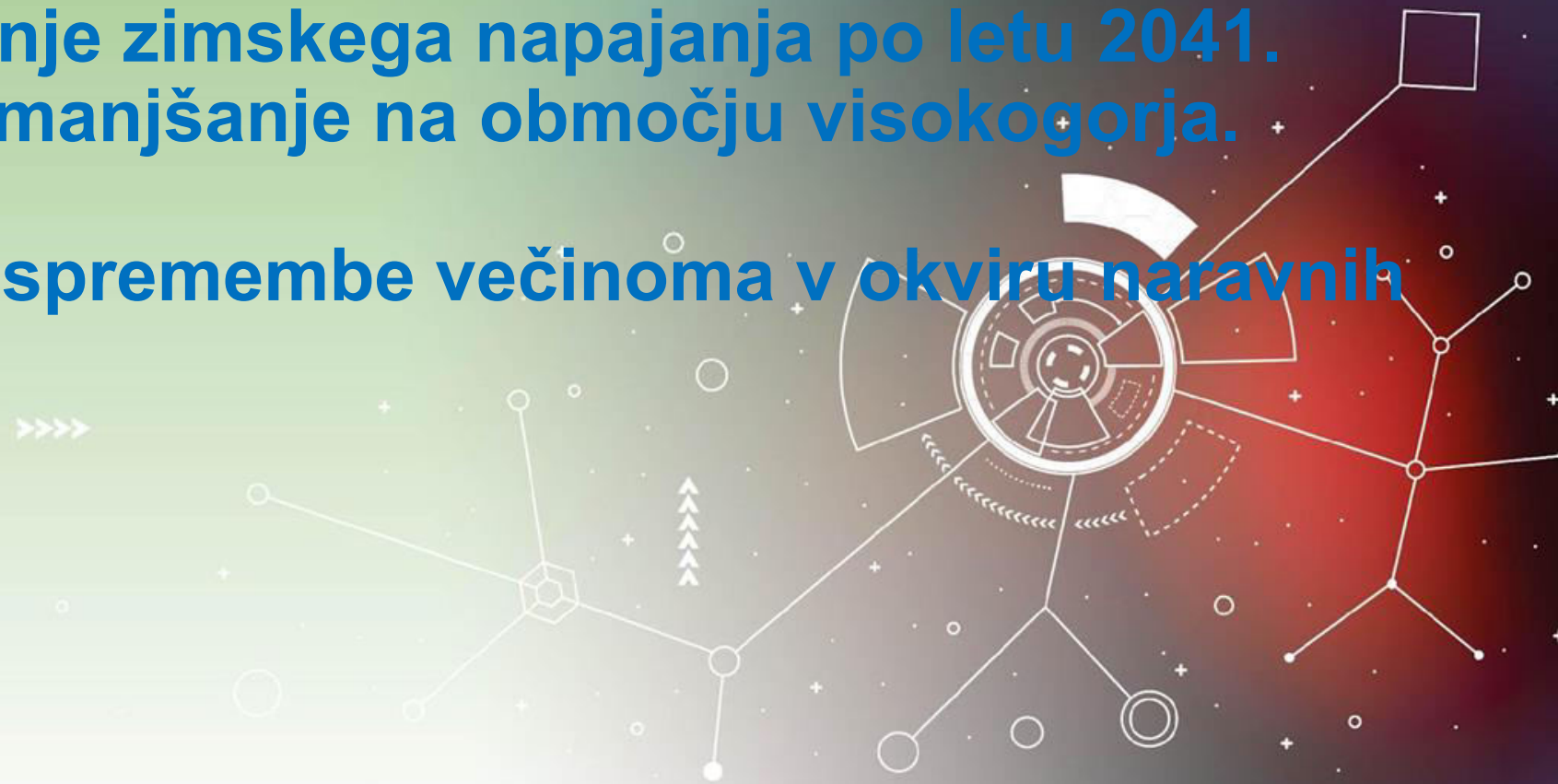


# NAPAJANJE PODZEMNE VODE V PRIHODNJE - RCP8.5 - PESIM. SCEN.

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- Povečanje napajanja sredi stoletja 2041-2070 spremembe v napajanju podzemne vode majhne, zanesljivo v V države.
- Zanesljivo povečanje zimskega napajanja po letu 2041.
- Poleti zanesljivo zmanjšanje na območju visokogorja.

Pomladi in jeseni so spremembe večinoma v okviru naravnih nihanj.



# SKUPNI ODTOK V PRIHODNJE LETO

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

Skupni odtok, RCP4.5, leto

Odklon glede na obdobje 1982–2010

Zanesljivost

2011–2040

2011–2040



2041–2070

2041–2070



2071–2100

2071–2100



Skupni odtok, RCP8.5, leto

Odklon glede na obdobje 1982–2010

Zanesljivost

2011–2040

2011–2040



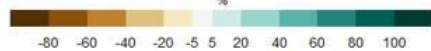
2041–2070

2041–2070

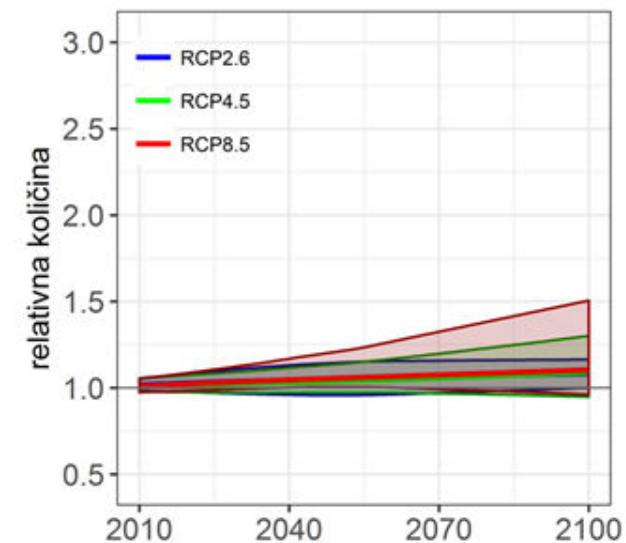


2071–2100

2071–2100



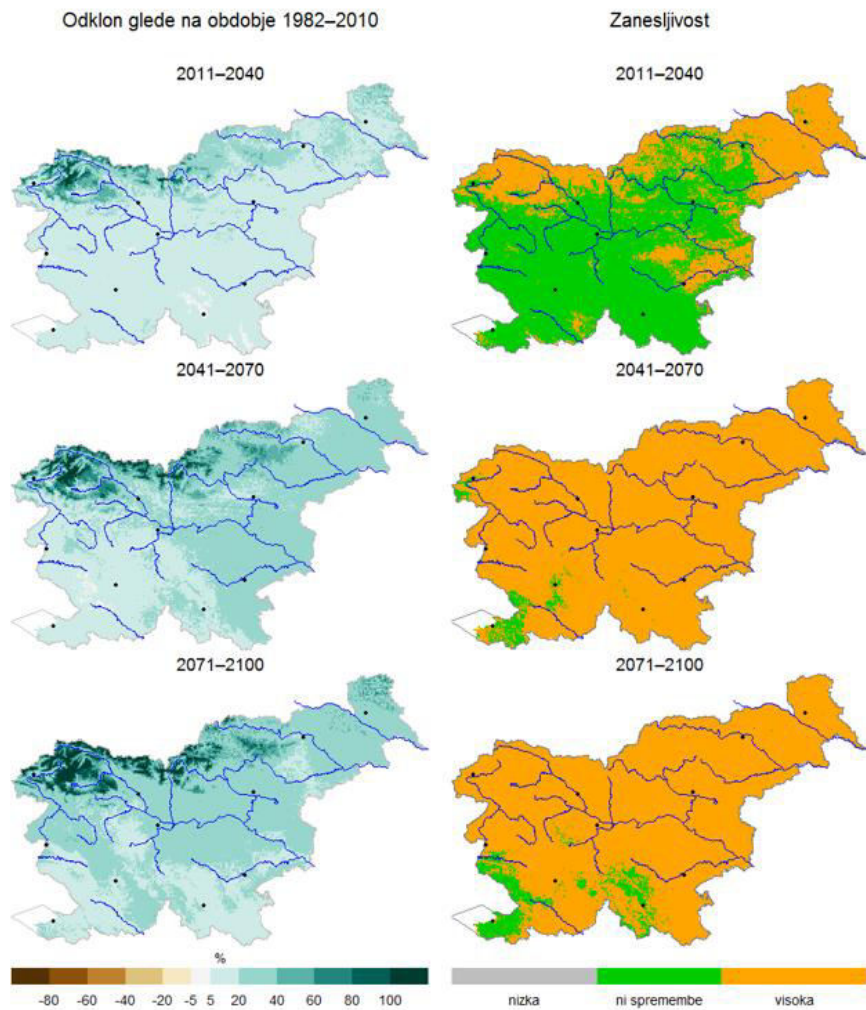
Skupni odtok, Slovenija, leto



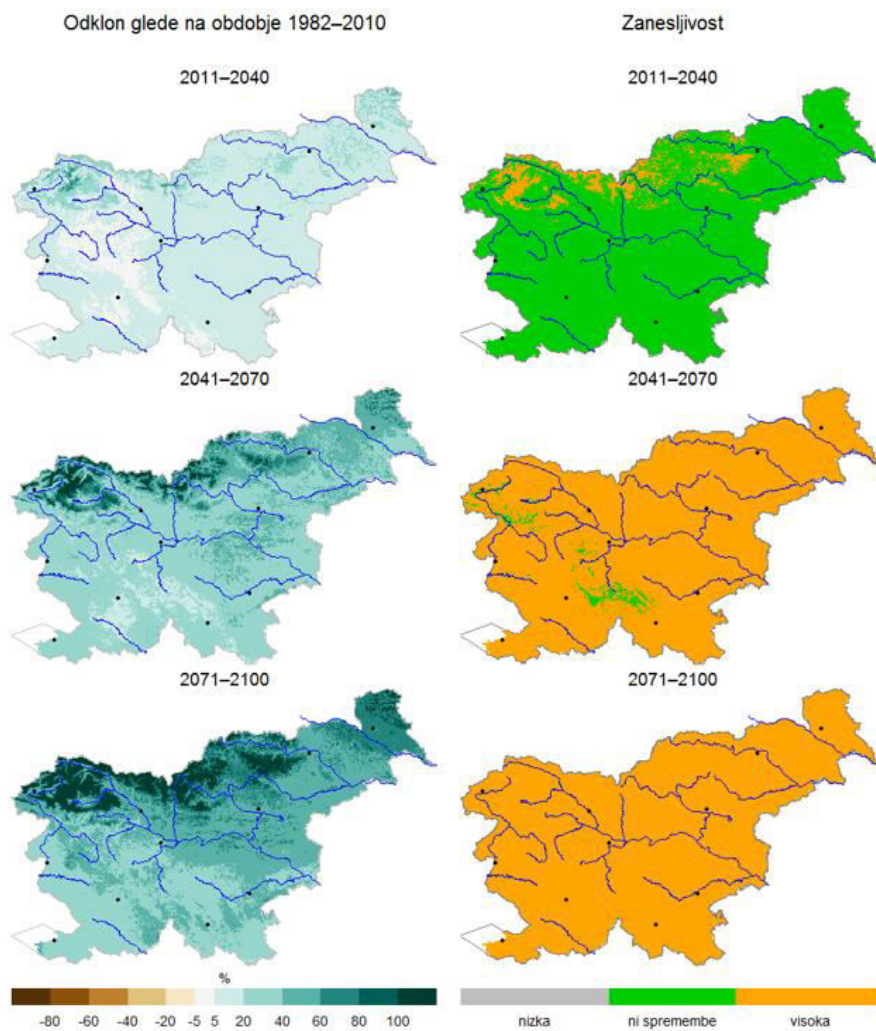


# SKUPNI ODTOK V PRIHODNJE ZIMA

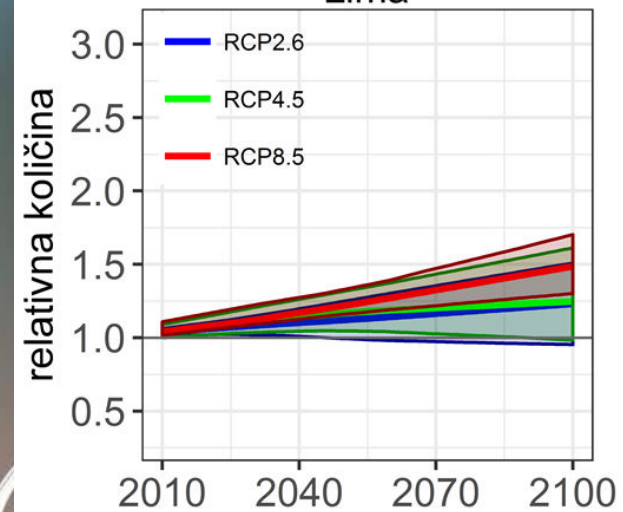
Skupni odtok, RCP4.5, zima



Skupni odtok, RCP8.5, zima



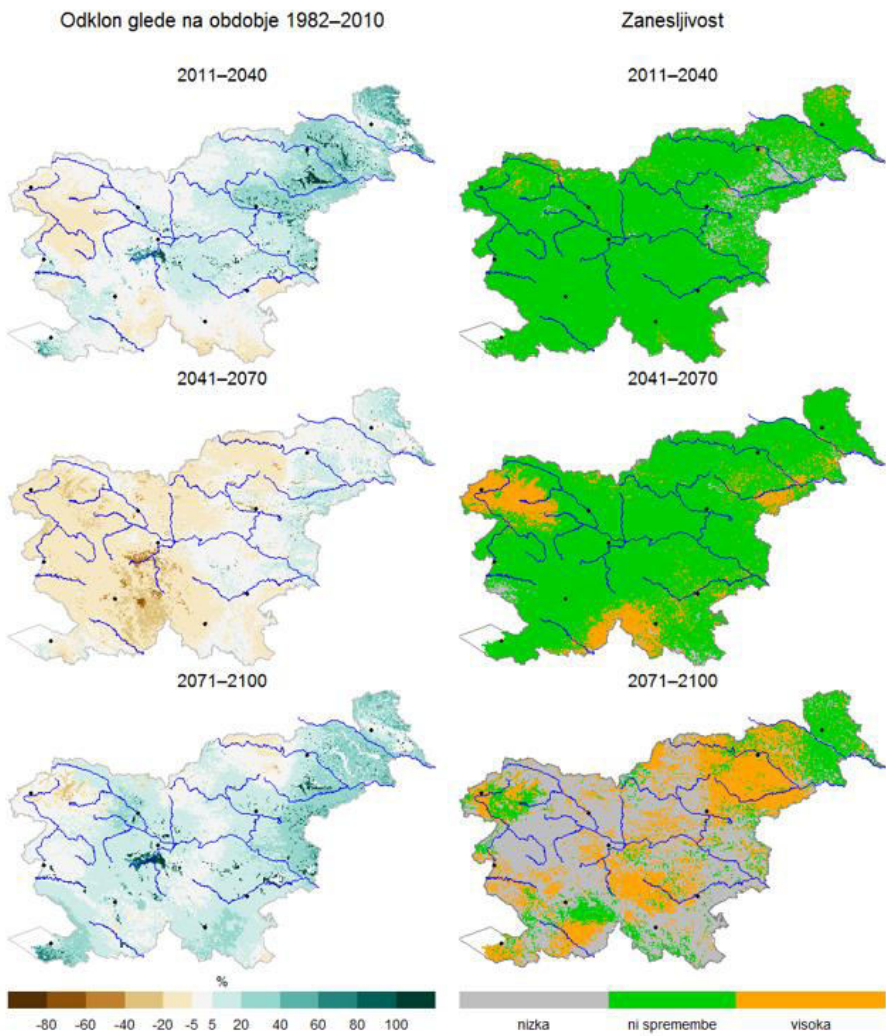
zima



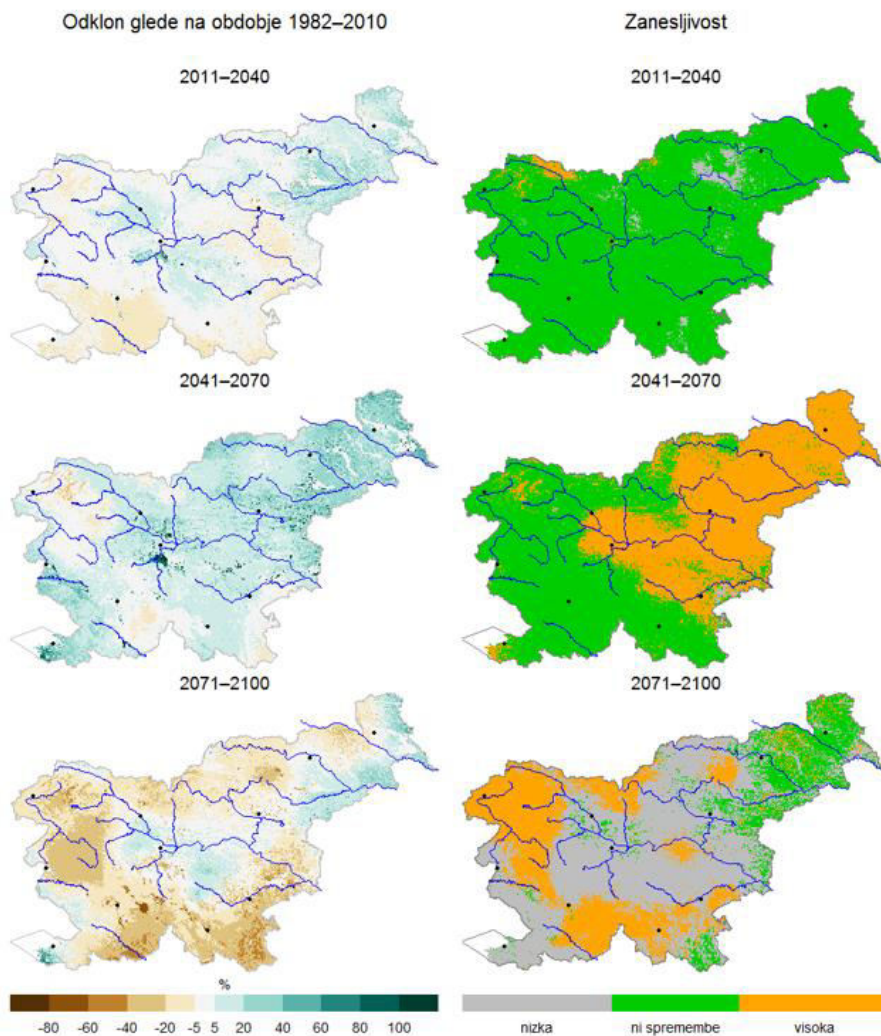


# SKUPNI ODTOK V PRIHODNJE POLETJE

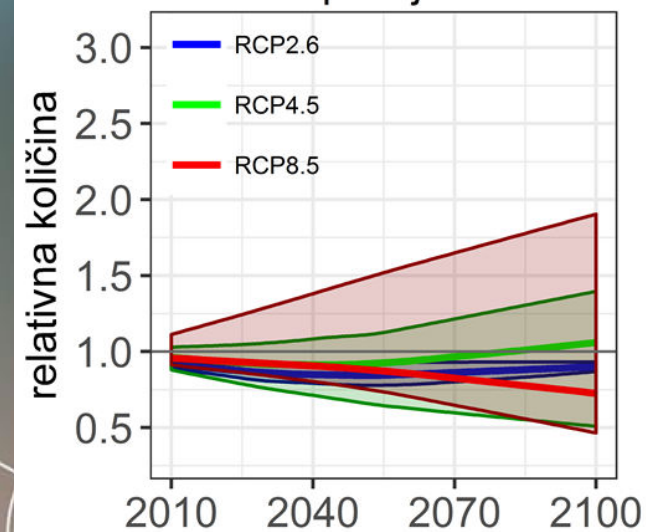
Skupni odtok, RCP4.5, poletje



Skupni odtok, RCP8.5, poletje



poletje





# SKUPNI ODTOK V PRIHODNJE - RCP4.5

## ZMERNI SCENARIJ

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- zanesljivejše povečanje konec stoletja.
- zanesljivo povečanje zimskega odtoka.
- poleti različni signali: sredi stoletja zanesljivo zmanjšanje v visokogorju, konec stoletja rahlo povečanje zanesljivo v posameznih predelih države.

Pomladi in jeseni so spremembe večinoma v okviru naravnih nihanj.



# SKUPNI ODTOK V PRIHODNJE - RCP8.5

## PESIMISTIČNI SCENARIJ

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- zanesljivo povečanje od sredine stoletja predvsem na vzhodu in jugozahodu.
- pozimi zanesljivo povečanje.
- poleti zanesljivo zmanjšanje v sredogorju in visokogorju konec stoletja.

Pomladi in jeseni so spremembe večinoma v okviru naravnih nihanj.





# SKLEPNE MISLI - VIRI PITNE VODE V PRIHODNJE

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- V splošnem na **letnem nivoju** pričakujemo **rahlo povečanje** virov, sezonsko pa se bo razporejenost spremenila.

## Napajanje podzemne vode:

- letno povečanje za 5–10 %, z največjimi spremembami **pozimi**
- poleti se lahko napajanje zmanjša, nezanesljivo

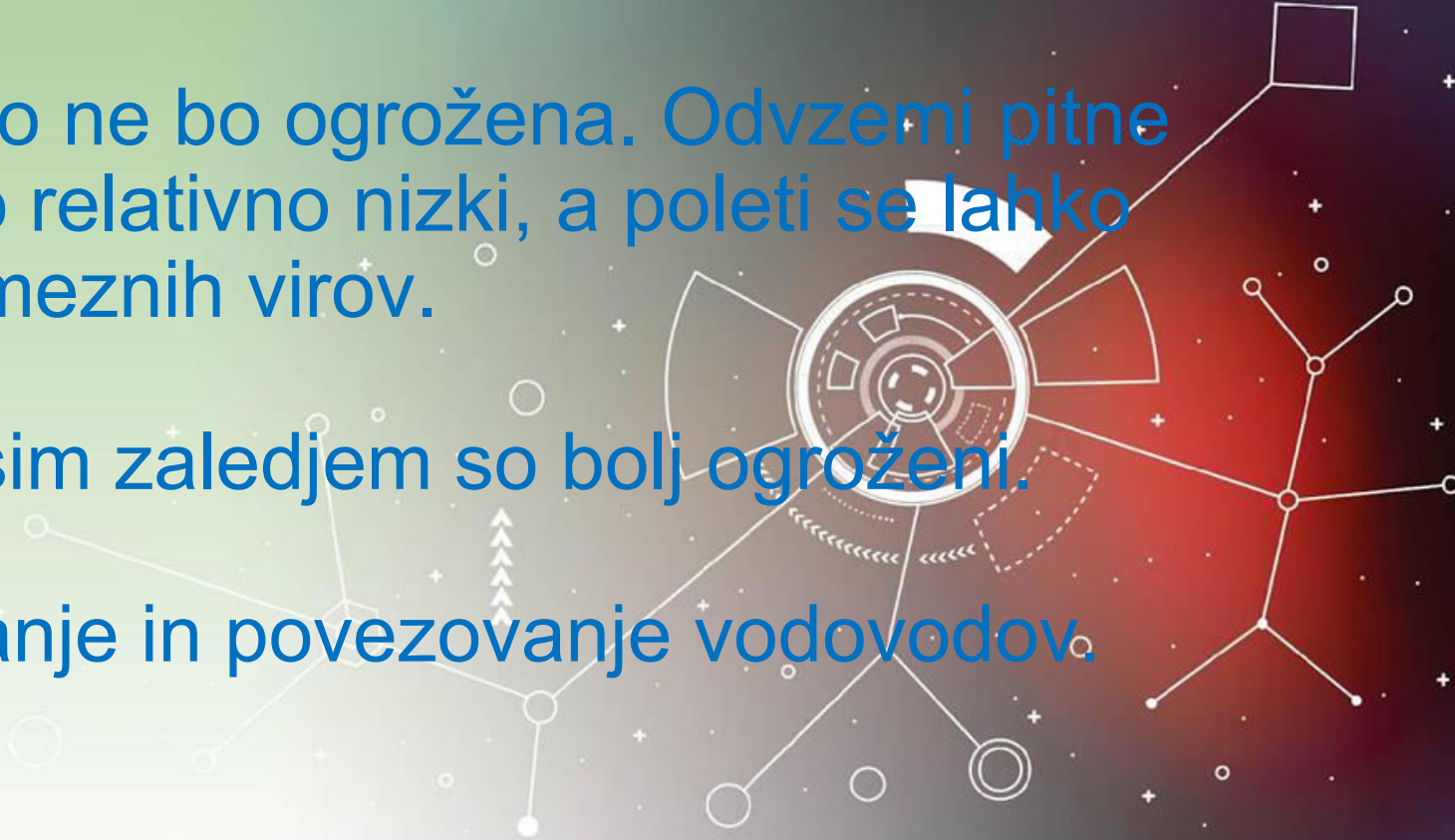
## Vpliv rek in vodostajev:

- **poletno zmanjšanje odtoka** bolj zanesljivo in lahko povzroči težave z oskrbo z vodo predvsem na krasu.
- **pozimi bo večji odtok** → prilagoditvene strategije.

# SKLEPNE MISLI - VIRI PITNE VODE V PRIHODNJE

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- **Kraški vodonosniki** so najbolj občutljivi - so največji vir podzemne vode, a so ranljivi zaradi krajše zadrževalne dobe.
- **Regionalno oskrba** z vodo ne bo ogrožena. Odvzemi pitne vode na letni ravni ostajajo relativno nizki, a poleti se lahko zmanjša dostopnost posameznih virov.
- Vodonosni sistemi z manjšim zaledjem so bolj ogroženi.
- Možne rešitve so zadrževanje in povezovanje vodovodov.





# ZA KONEC 1: VODA POD NAMI

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

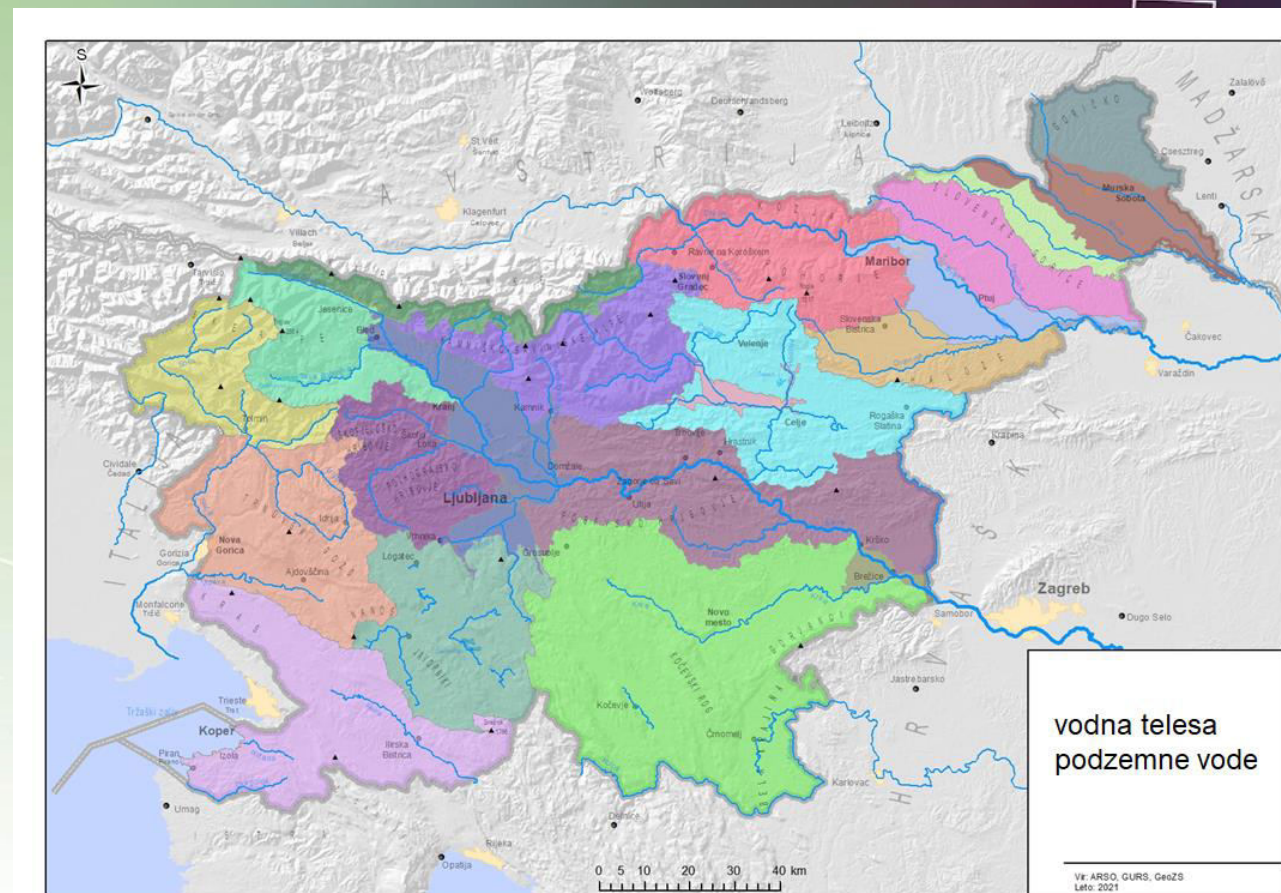
SKUPNA POVRŠINA VODNIH ZEMLJIŠČ

387 km<sup>2</sup>

POVRŠINA PODZEMNE VODE

20.273 km<sup>2</sup>

= POVSOD



# ZA KONEC 2: PRILAGAJANJE NA PODNEBNE SPREMEMBE

13. konferenca  
komunalnega  
gospodarstva

- upoštevanje scenarijev vpliva podnebnih sprememb na vodno bilanco → interdisciplinarno načrtovanje
- upoštevanje demografskih gibanj





**HVALA ZA POZORNOST.**

[peter.frantar@gov.si](mailto:peter.frantar@gov.si)

»»»»  
**Agencija RS za okolje**

