



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE  
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

# Kaj se dogaja z izmerki v procesu kontrole in homogenizacije?

Strokovni posvet Podnebna spremenljivost Slovenije

Gregor Vertačnik

Ljubljana, 4. oktober 2013

# Kazalo

- Pomen kontrole in homogenizacije
- Samodejna prostorska primerjava
- Ročna kontrola meritev
- Izbor časovnih nizov za homogenizacijo
- Homogenizacija
- Programsko orodje HOMER
- Skupinska homogenizacija
- Statistika skokov
- Skladnost rezultatov
- Zaključki

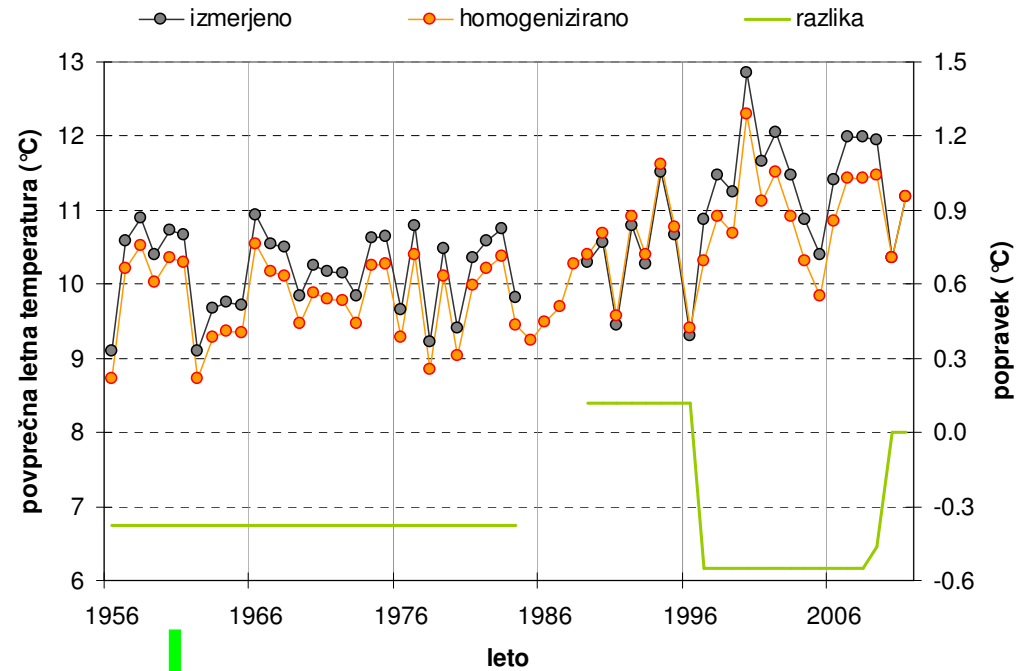
# Pomen kontrole in homogenizacije

- od meteoroloških meritev do poznavanja podnebja in njegovih sprememb je dolga pot
- prvi korak: vnos izmerkov v podatkovno bazo
- drugi korak: kontrola s podatki na isti in sosednjih postajah

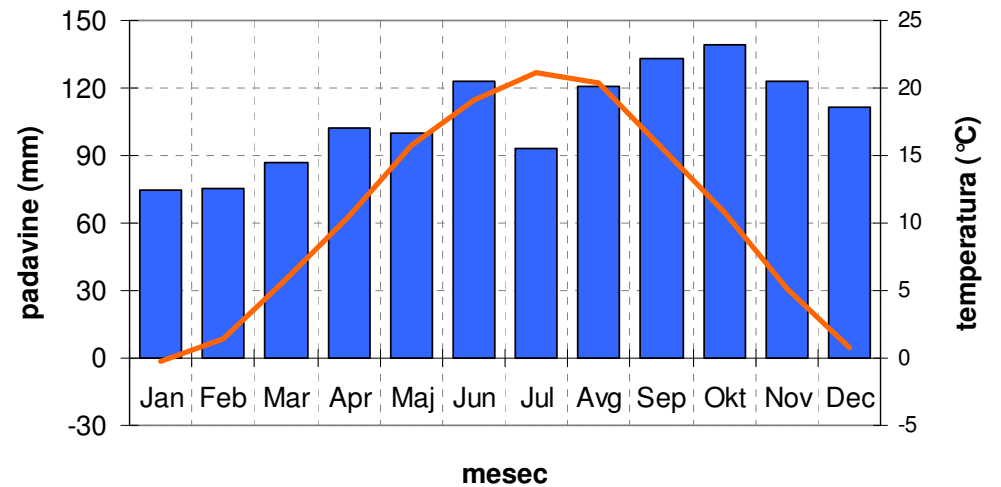
Postaja Golnik Mesec marec Leto 1958.

Dan	1				2			3	4				
	Pritisk zraka mm				Temperatura zraka °C								
					ekstremi			min. pri tleh (5 cm)	suhi termometer				
	7	14	21	sred.	max.	min.	ampl.		7	14	21	vsota	sred.
1-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	35-37	38-40	41-43	x	44-46	
1					-0.3	-4.5	4.2	-5.8	-4.3	-3.0	-3.3	-10.6	-3.5
2					1.8	-4.7	6.5	-4.9	-4.7	1.5	-4.2	-7.4	-2.5
3					0.0	-4.5	4.5	-6.1	-2.7	-0.7	-3.4	-6.8	-2.3
4					2.0	-5.2	7.2	-5.5	-2.5	1.5	-2.8	-3.8	-1.3
5					8.5	-4.3	12.8	-5.0	-1.2	7.7	1.7	8.2	2.7
6					12.8	-1.6	14.4	-3.8	5.6	11.9	3.8	21.3	7.1
7					14.0	3.3	10.7	0.0	3.3	12.5	8.6	24.4	8.1
8					8.6	-0.7	9.3	-2.4	5.4	8.0	-0.2	13.2	4.4
9					-0.1	-1.9	1.8	-4.6	-1.5	-0.5	-0.6	-2.6	-0.9
10					1.6	-1.3	2.9	-3.1	-1.0	1.3	0.0	0.3	0.1
Vsota					48.9	-25.4	74.3	-41.2	-3.6	40.2	-0.4	36.2	12.1
11					2.8	-0.9	3.7	-1.2	1.9	2.1	2.1	6.1	2.0

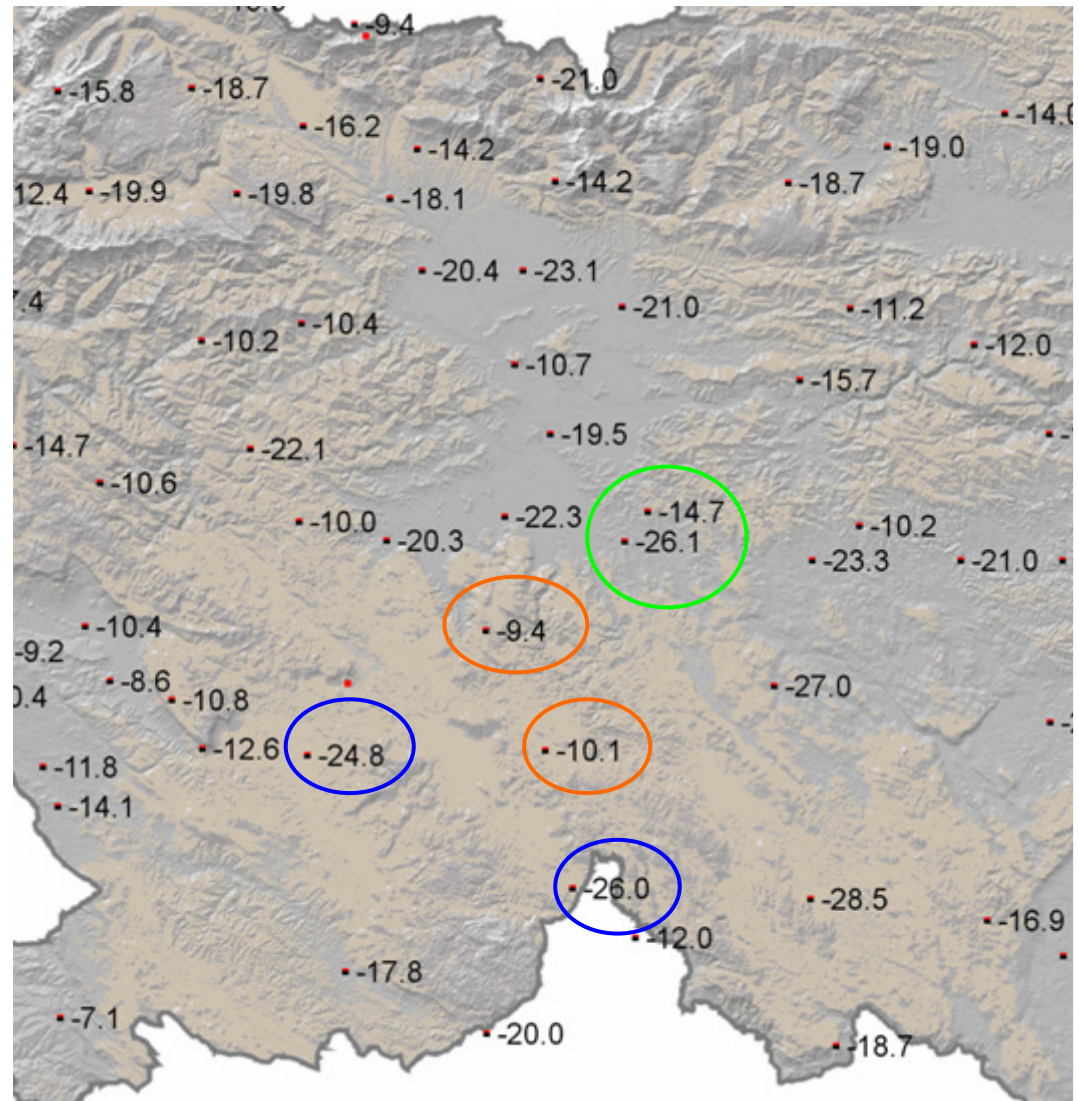
- tretji korak: homogenizacija, polnjenje manjkajočih vrednosti
- četrti korak: analiza homogeniziranih nizov



**Dobliče pri Črnomlju (157 m)**  
 1285 mm (1981-2010) 10,5 °C



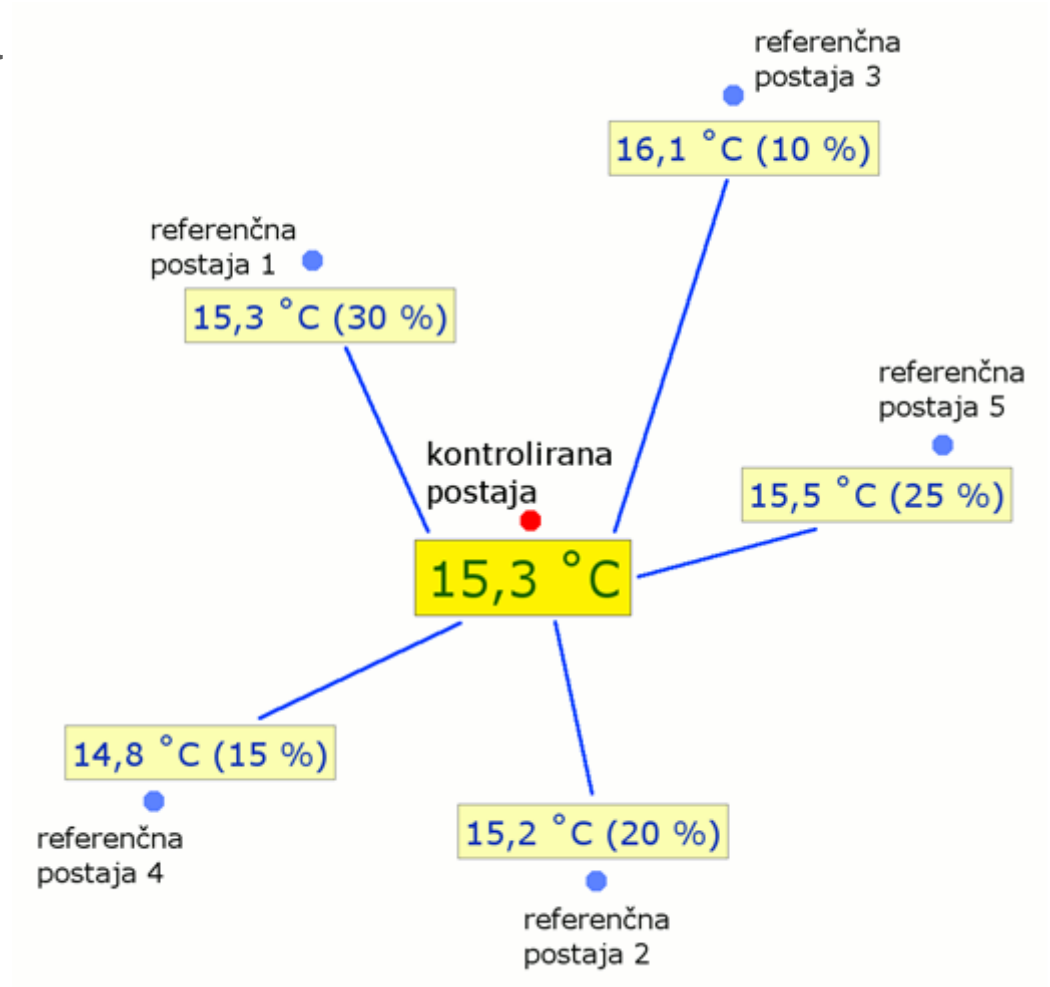
- vrste kontrole:
  - medsebojna skladnost izmerkov (npr. najvišja temperatura  $\geq$  najnižja temperatura, izstopajoče vrednosti)
  - samodejna prostorska kontrola
  - ročna kontrola (papirnati arhiv meritev, trakovi, grafična prostorska primerjava)



Temperatura 14. januarja 1968 ob 7. uri

# Samodejna prostorska primerjava

- računalniški program za interpolacijo manjkajočih vrednosti
- interpolacija na podlagi korelacije časovnih nizov z okoliškimi postajami
- izbor vremensko podobnih dni
- končni rezultat uteženo povprečje linearne regresije za pare referenčna-kontrolirana postaja



- primerjava izmerjene in prostorsko interpolirane vrednosti
- groba ocena negotovosti interpolirane vrednosti v pomoč pri končni izbiri sumljivih vrednosti

post.	datum	izmer.	interp.	sigma_m	sigma_M	razlika
85	1961-01-01	0.0	-0.2	0.35	0.81	-0.2
85	1961-01-02	-1.2	1.8	0.49	1.08	3.0
85	1961-01-03	2.0	1.6	0.40	0.69	-0.4
85	1961-01-04	3.7	4.8	0.76	1.23	1.1
85	1961-01-05	1.1	1.2	0.80	1.09	0.1
85	1961-01-06	-2.4	-1.7	0.50	0.85	0.7
85	1961-01-07	0.4	1.1	0.38	0.81	0.7
85	1961-01-08	0.0	0.2	0.54	1.18	0.2
85	1961-01-09	0.6	0.0	0.47	1.01	-0.6
85	1961-01-10	-2.4	-2.3	1.02	1.02	0.1
85	1961-01-11	1.0	1.9	0.67	1.34	0.9
85	1961-01-12	3.0	2.7	0.45	0.92	-0.3
85	1961-01-13	-2.8	-2.7	0.40	0.84	0.1
85	1961-01-14	-2.4	-3.6	0.62	1.20	-1.2
85	1961-01-15	-5.0	-4.3	0.28	0.67	0.7
85	1961-01-16	-1.0	-0.7	0.45	0.84	0.3

Primer izpisa rezultatov v .txt datoteko:  
Čepovan, temperatura ob 7. uri

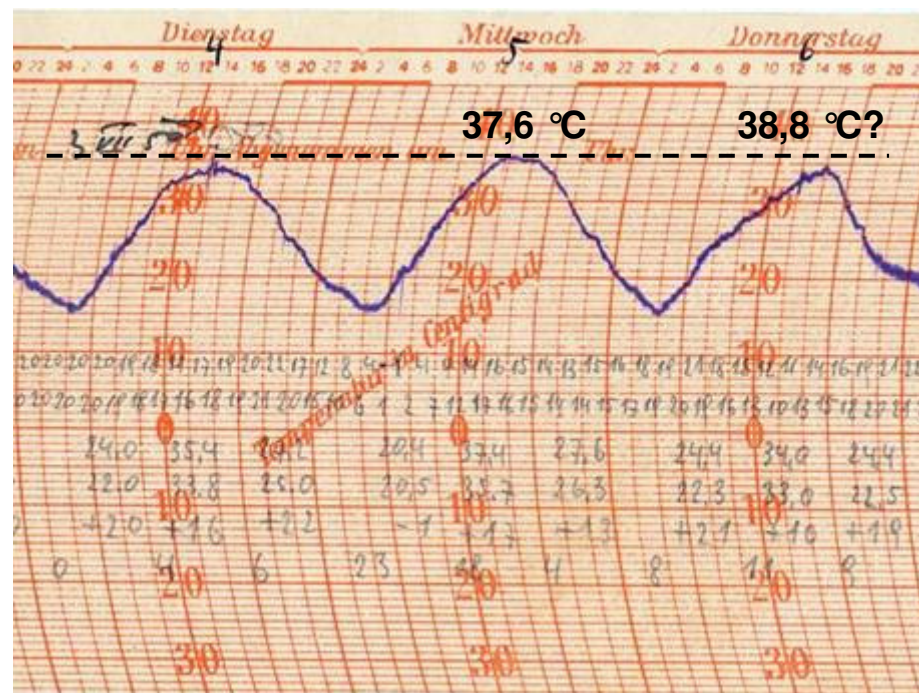
# Ročna kontrola meritev - temperatura

- testni primer 1 (Tmin, Murska Sobota & T21, Starše):
  - težavnost kontrole
  - vpliv kontrolorja
  - tipične napake
- redundantne meritve (termogrami) **ZELO POMEMBNE!** (sicer kontrola težja kot pri padavinah in snegu)
- tipična napaka 5 °C
- obdobja z manj/več napakami
- popravki kot celota ne vplivajo bistveno na trende in povprečja

Ljubljana Bežigrad, 6. 7. 1950,  
 termogram: najvišja temperatura  
 ~35,8 °C in ne 38,8 °C!

Statistika testnega primera 1: odstotek števila popravkov med sumljivimi vrednostmi

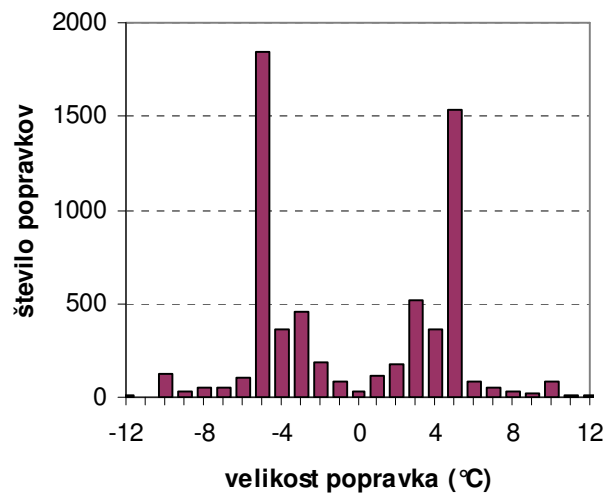
Strokovnjak	Starše	Murska Sobota
1	43	44
2	55	44
3	71	38
4	49	50



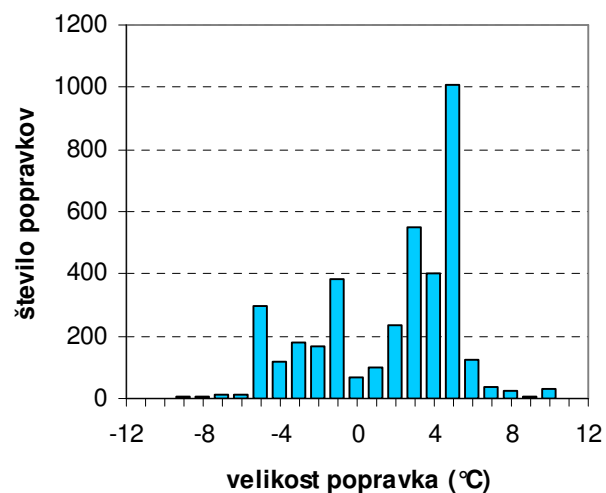


- logična kontrola:
  - 8141 primerov večje neskladnosti
  - 1709 popravljenih, 155 izbranih vrednosti
- prostorska kontrola:
  - pregledanih 42.000, popravljenih 13.500, izbranih 413 vrednosti
  - največ odkritih napak pri najnižji temperaturi, najmanj pri temperaturi ob 14. uri
  - povprečno < 1 popravek / postaja / leto / spremenljivka

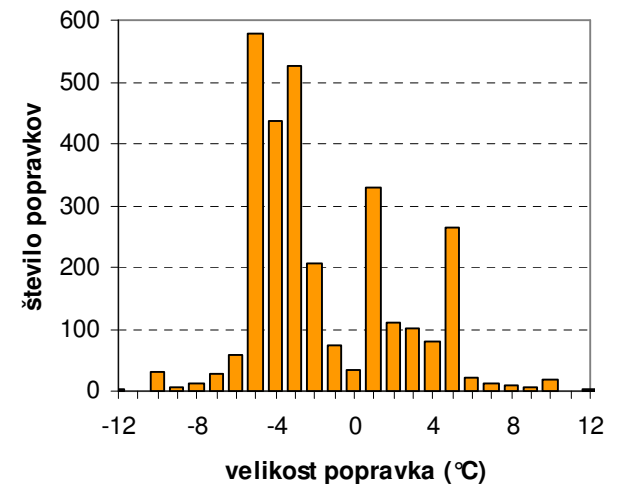
Terminske vrednosti



Najnižja temperatura

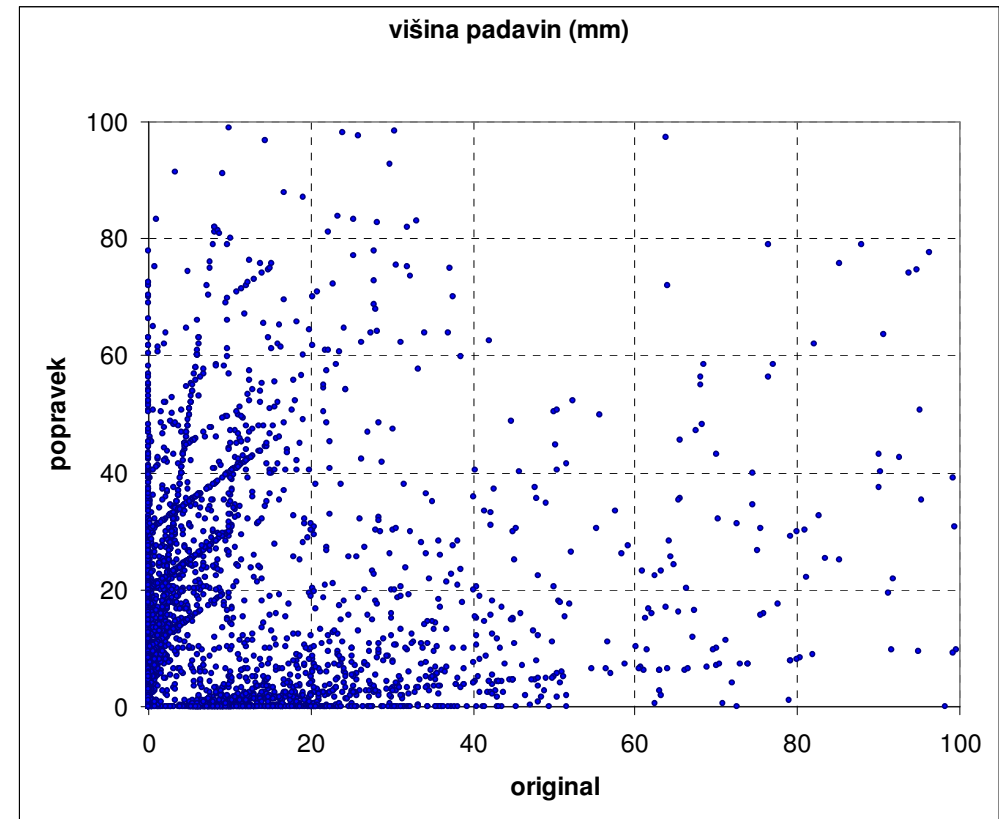


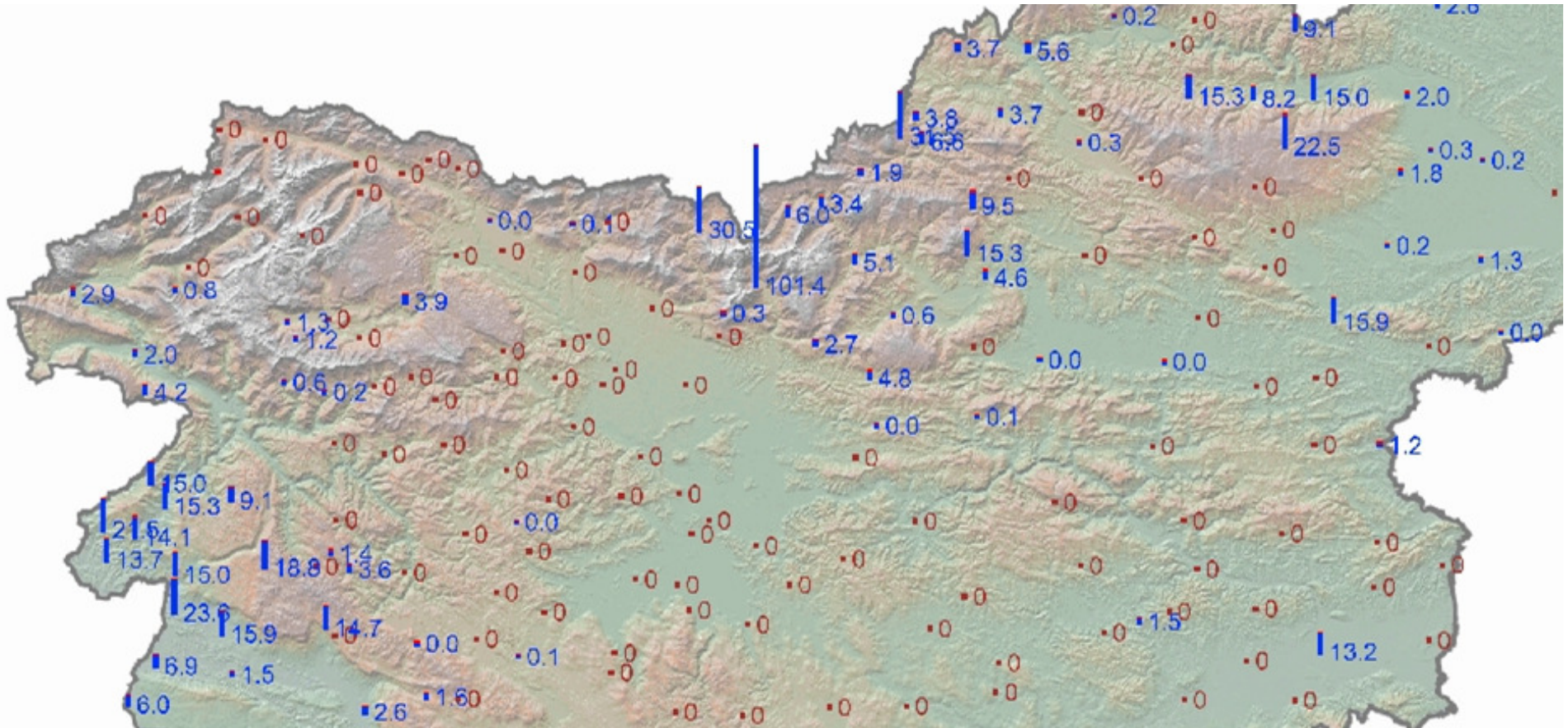
Najvišja temperatura



# Ročna kontrola meritev - padavine

- november 2008–april 2010
- 442 postaj, večinoma 20–49 let meritev
- od 20515 sumljivih vrednosti popravljenih 5296:
  - napačno postavljena decimalna vejica
  - manjkajoča številka
  - časovni zamik
  - slaba meritev ...
- izrazit časovni hod popravkov
- popravki kot celota ne vplivajo bistveno na povprečja in trende





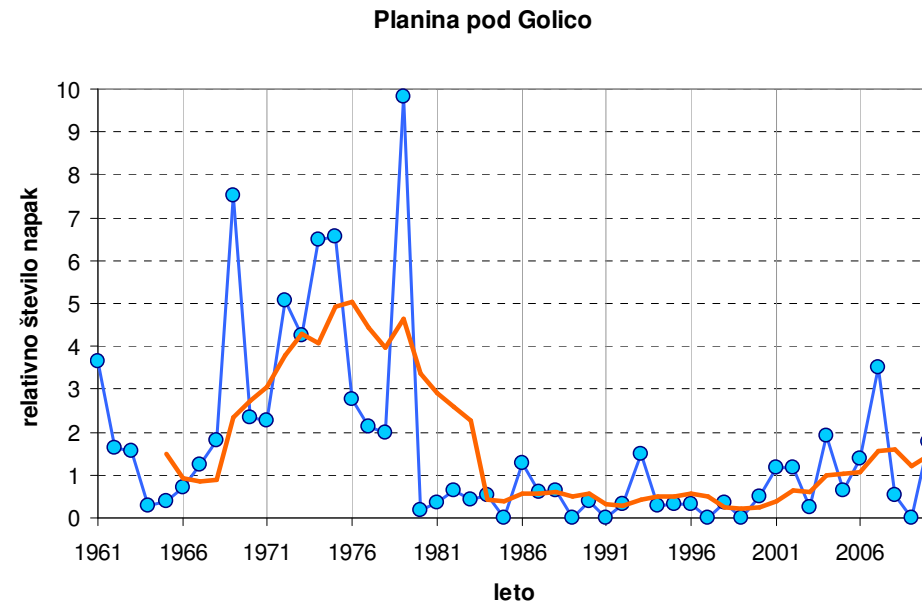
Grafična pomoč pri kontroli je zelo dobrodošla. "Neverjetni" izmerki se včasih vseeno izkažejo za pravilne.



Večina postaj po meritvi višine padavine dobre kakovosti, nekatere pa so naravnost obupne ...

# Izbor časovnih nizov za homogenizacijo

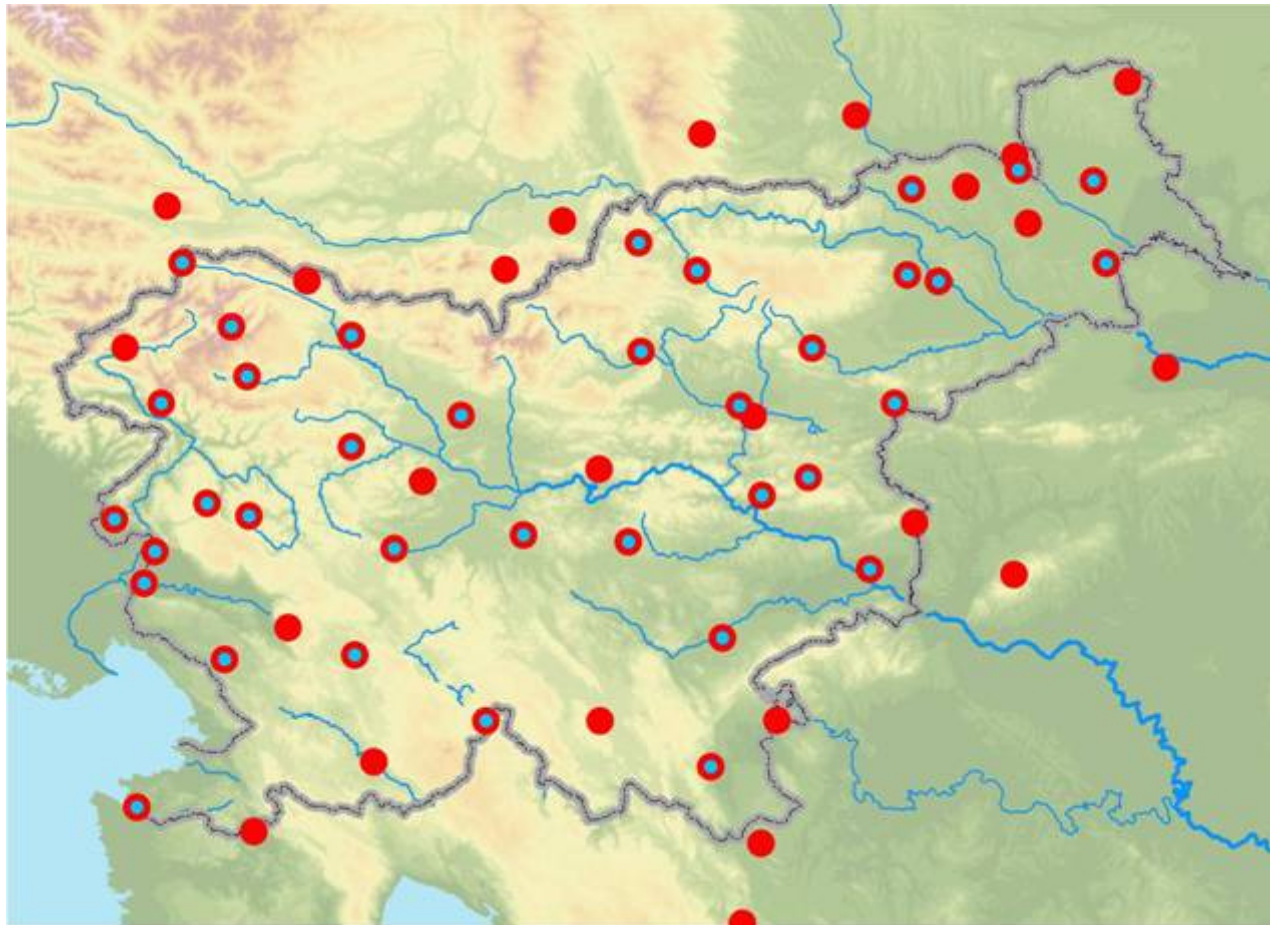
- študija podnebne spremenljivosti mora temeljiti na kakovostnih in dolgih nizih meritev
- temelj izbora:
  - statistika odkritih napak
  - metapodatki
  - grafična primerjava skladnosti nizov (npr. terminske in ekstremne temperature)
- združevanje nizov (npr. Rovte in Topol pri Medvodah)



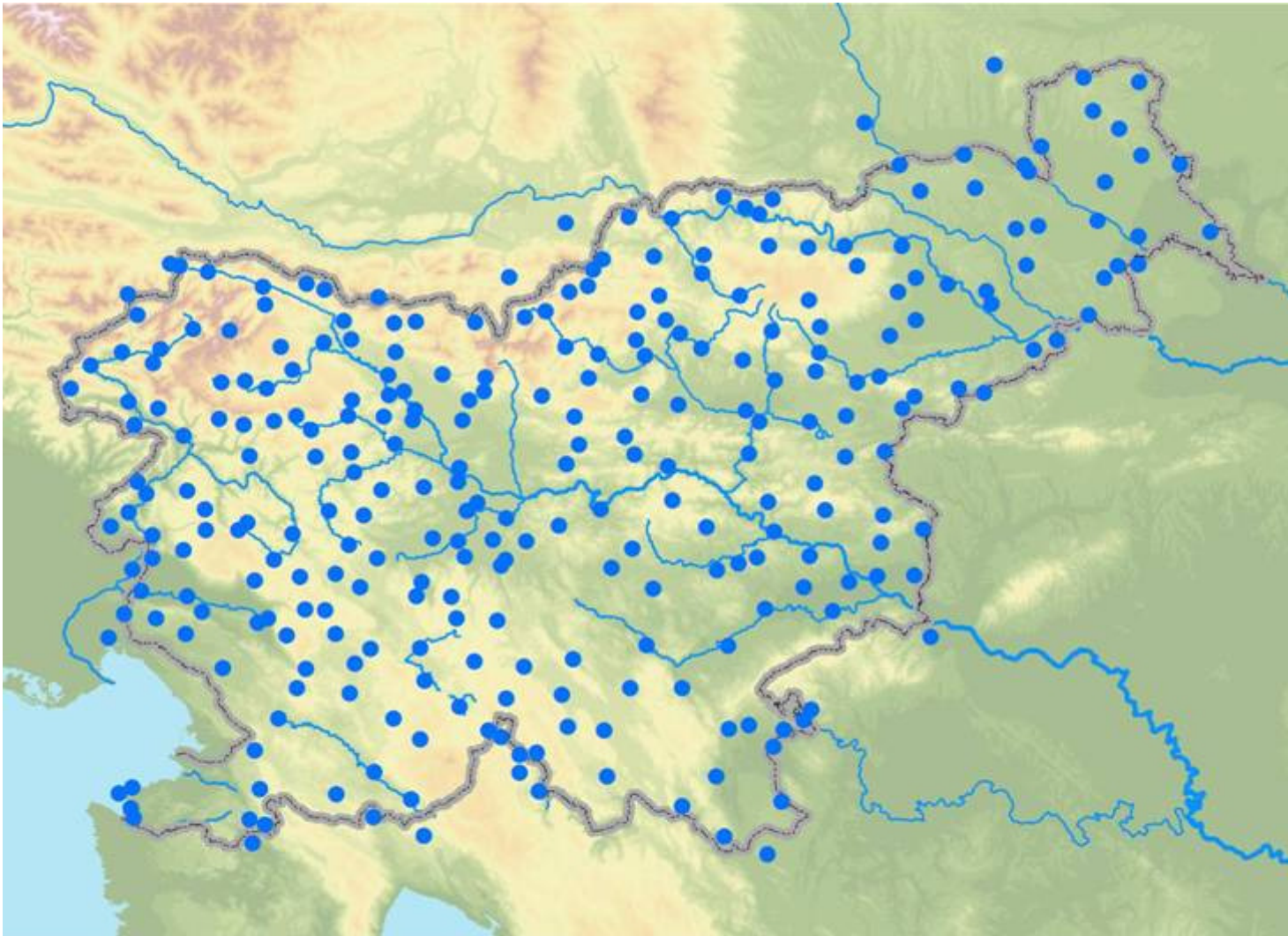
*“Streha hišice popolnoma oluščena. Krpica zamazana. Opazovanja nezanesljiva in površna. Hišico bo v kratkem prebarvala.”*

*“Minimalni termometer na 5 cm Schneider št. 33 je pokvarjen (vrnjen 27.11.1980). Po pošti poslal nov minimalni termometer na 5 cm Schneider 6618000.”*

- Temperatura zraka:
  - izločili smo postaje z močno in deloma postopno spremembo okolice v merilnem obdobju
  - 49 slovenskim postajam smo pri povprečni temperaturi dodali 11 tujih (avstrijske in hrvaške)



- Višina padavin:
  - 266 slovenskih postaj (in 22 tujih za dva od treh strokovnjakov)
  - izrazito pomanjkanje gorskih postaj

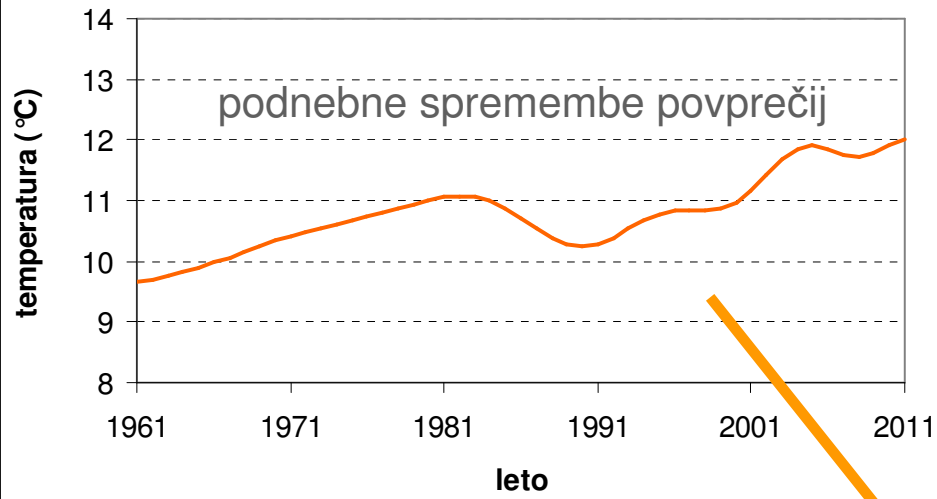


# Homogenizacija

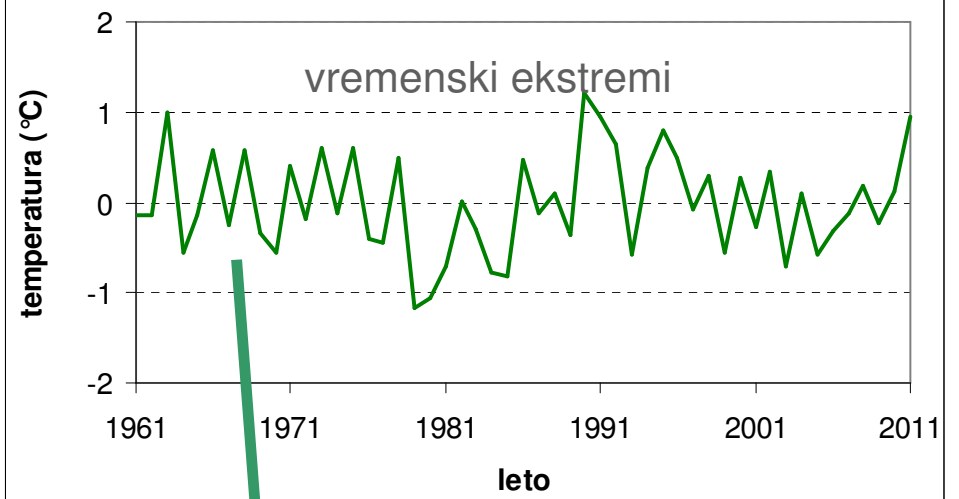
- odstranitev signala v časovni vrsti, ki ni posledica podnebne spremenljivosti in sprememb (umetni signal – skoki, trendi)
- prilagajanje meritev na enake razmere meritev (okolica, opazovalec, merilna naprava ...)
- v uporabi večinoma relativni pristop:
  - primerjava testirane postaje z referenčnimi
  - predpostavka o enakem (zelo podobnem) podnebnem signalu referenčne in testirane postaje
- umetni signal lahko odstranimo le deloma, odvisen zlasti od vremenske spremenljivosti



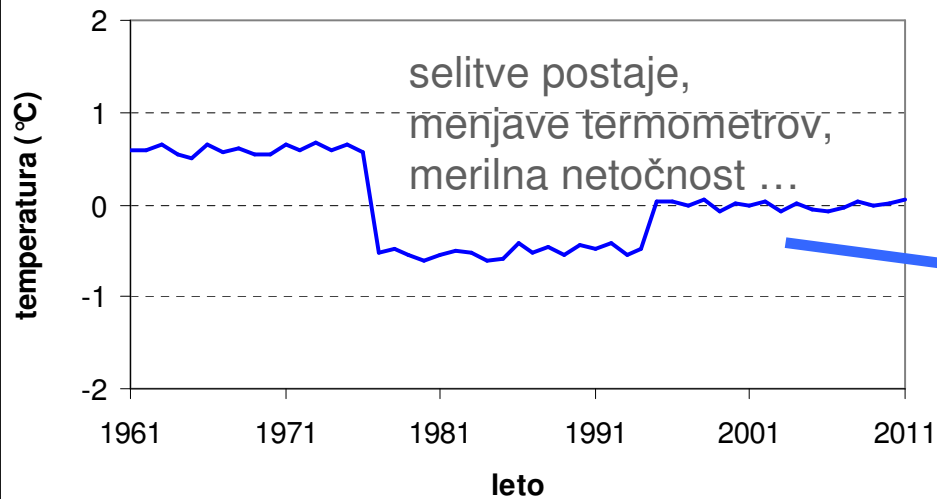
### podnebni signal



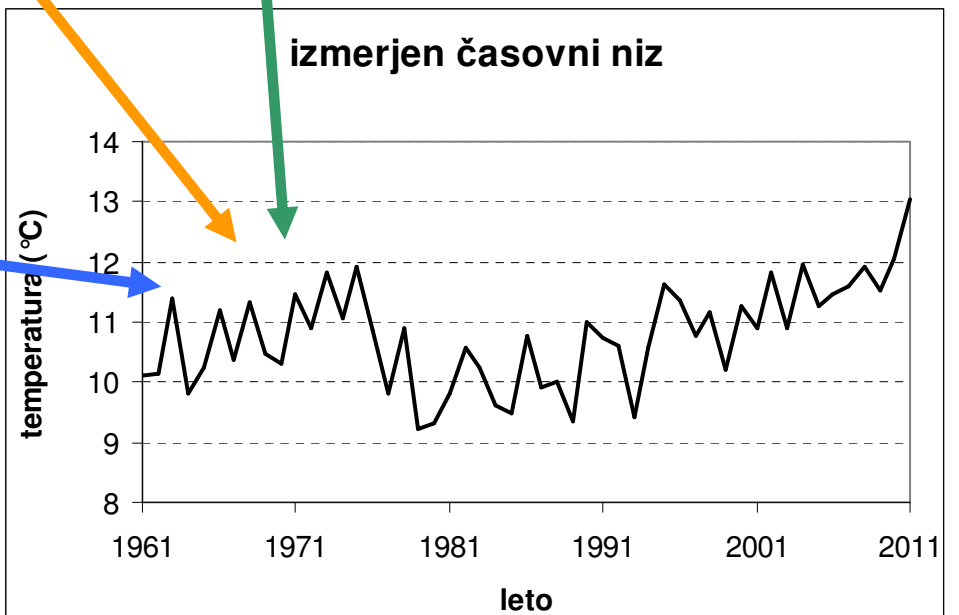
### vremenska spremenljivost



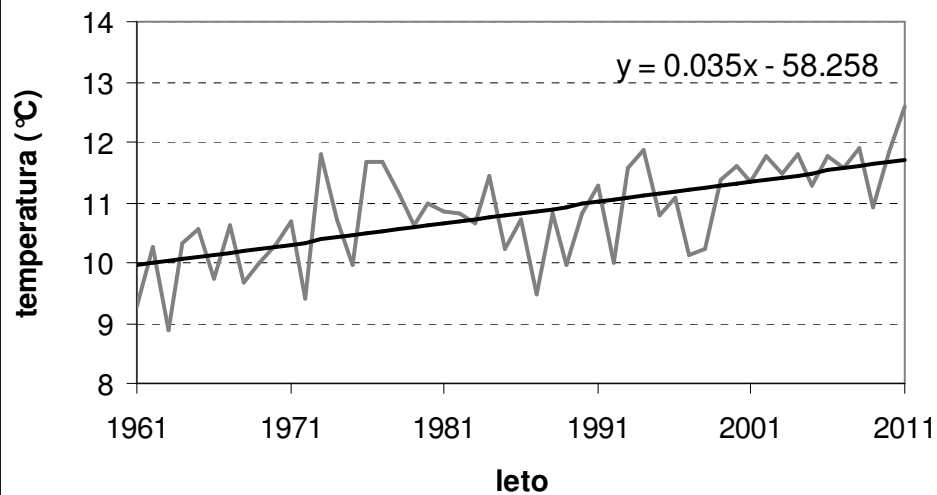
### umetni signal



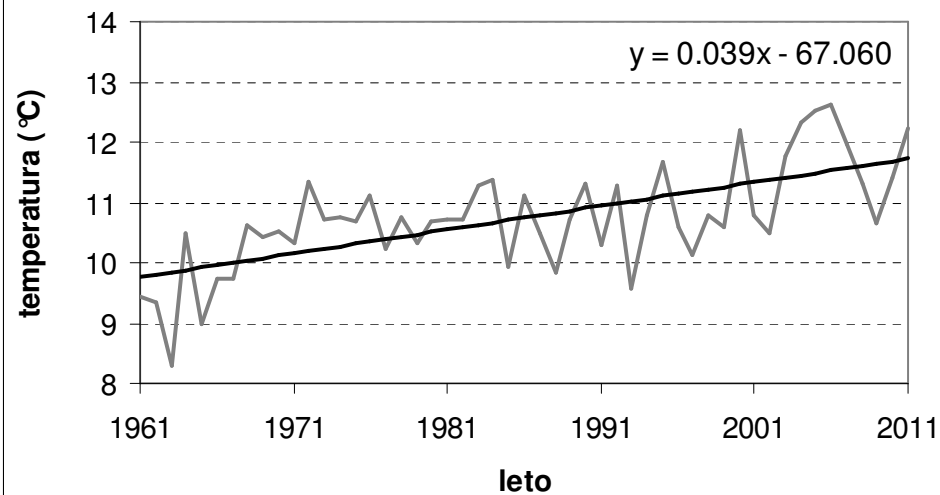
### izmerjen časovni niz



**realizacija vremena in podnebja 1**

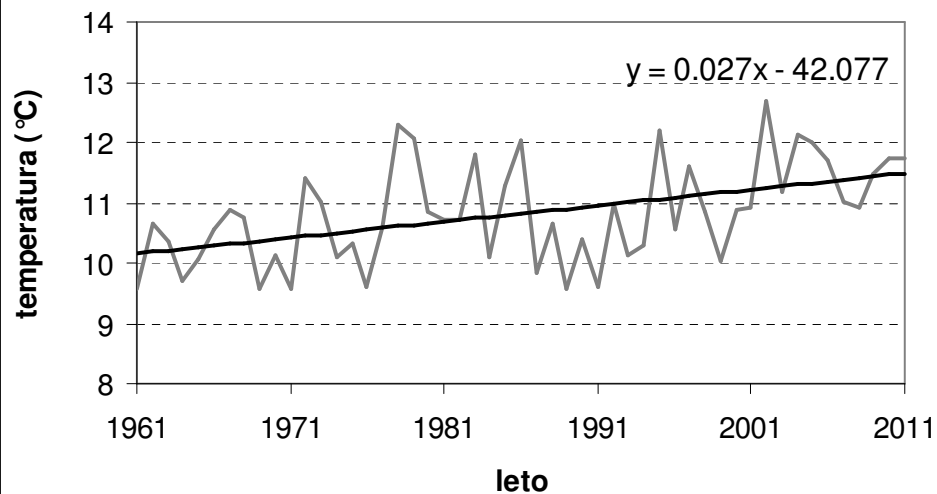


**realizacija vremena in podnebja 2**

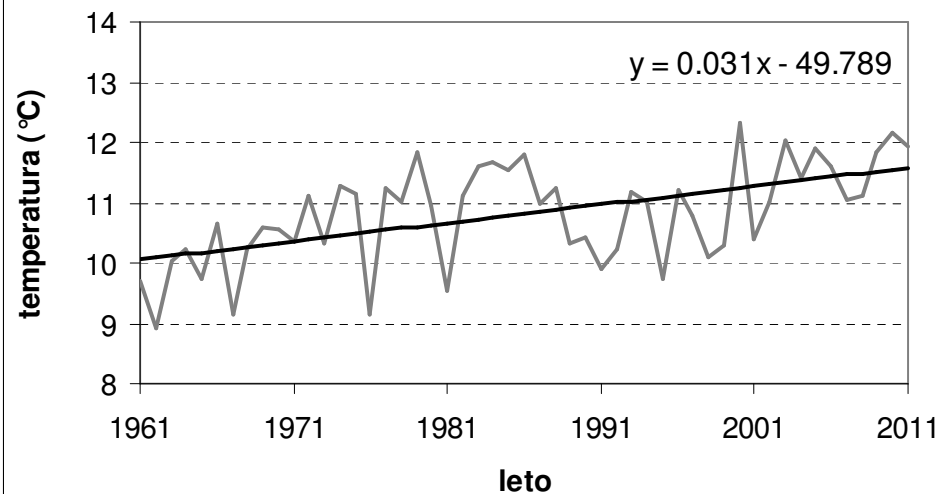


**Tudi če bi lahko povsem izločili umetni signal, je nemogoče popolnoma ločiti podnebno in vremensko spremenljivost!**

**realizacija vremena in podnebja 3**



**realizacija vremena in podnebja 4**



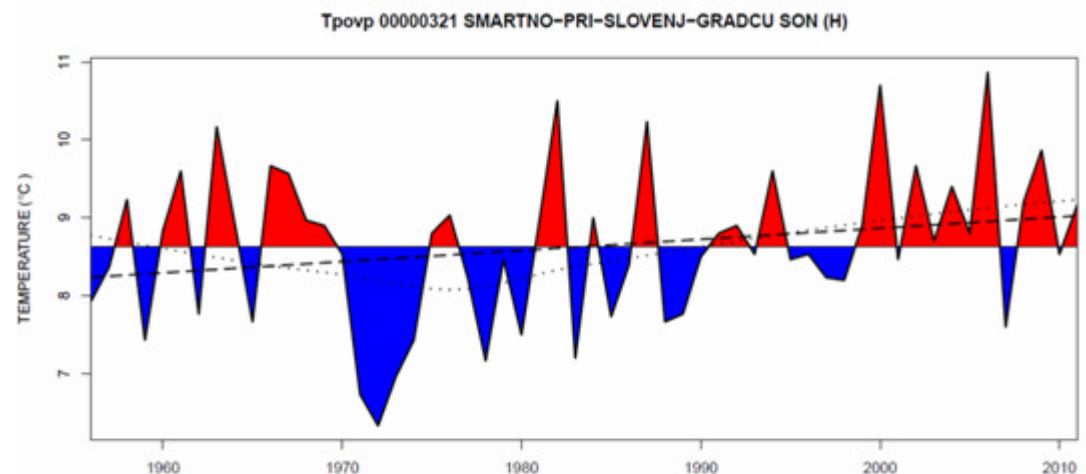
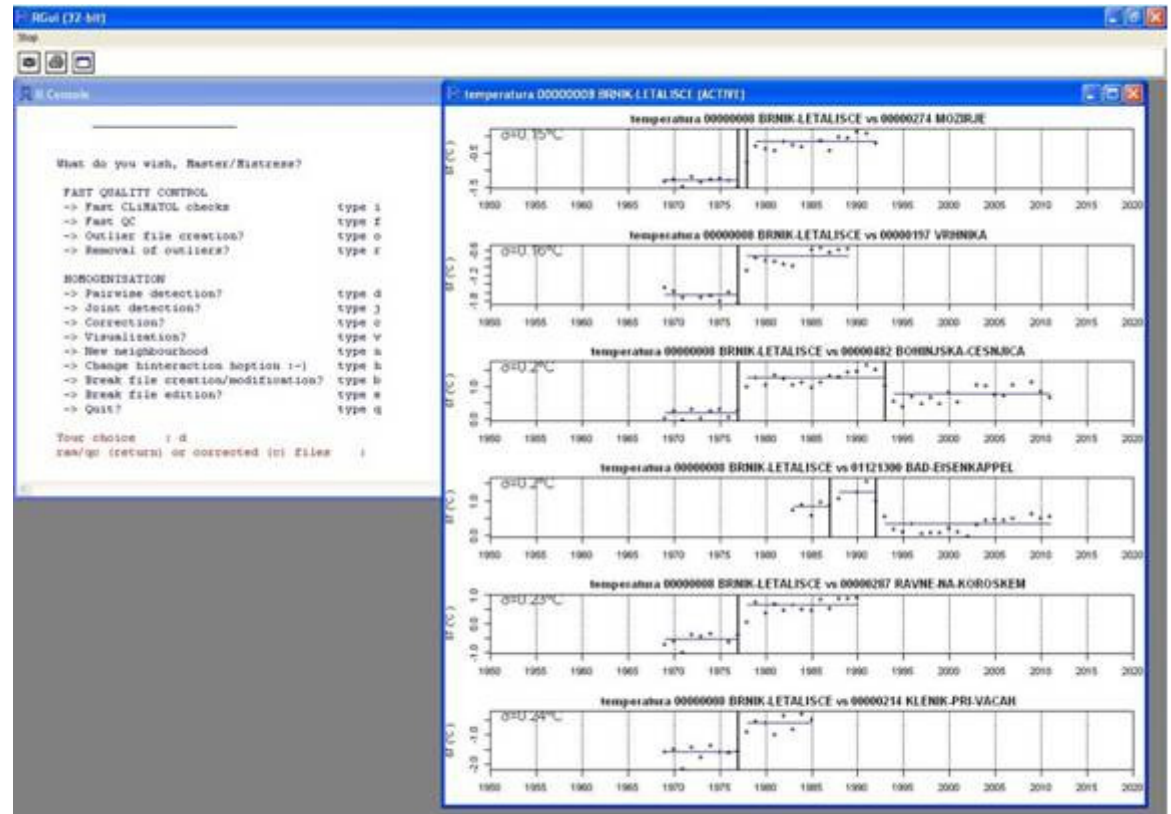
# Programsko orodje HOMER

- v zadnjih dveh desetletjih razvite številne metode za homogenizacijo nizov podnebnih podatkov
- vprašljiva primerljivost rezultatov različnih metod
- projekt COST ES0601 (HOME) za enoten pristop k homogenizaciji, 2007–2011:
  - (slepo) testiranje različnih metod na različnih naborih podatkov za temperaturo in padavine
  - nizi mesečnih vrednosti
  - primerjava rezultatov → smernice za izdelavo “standardnega” orodja za homogenizacijo

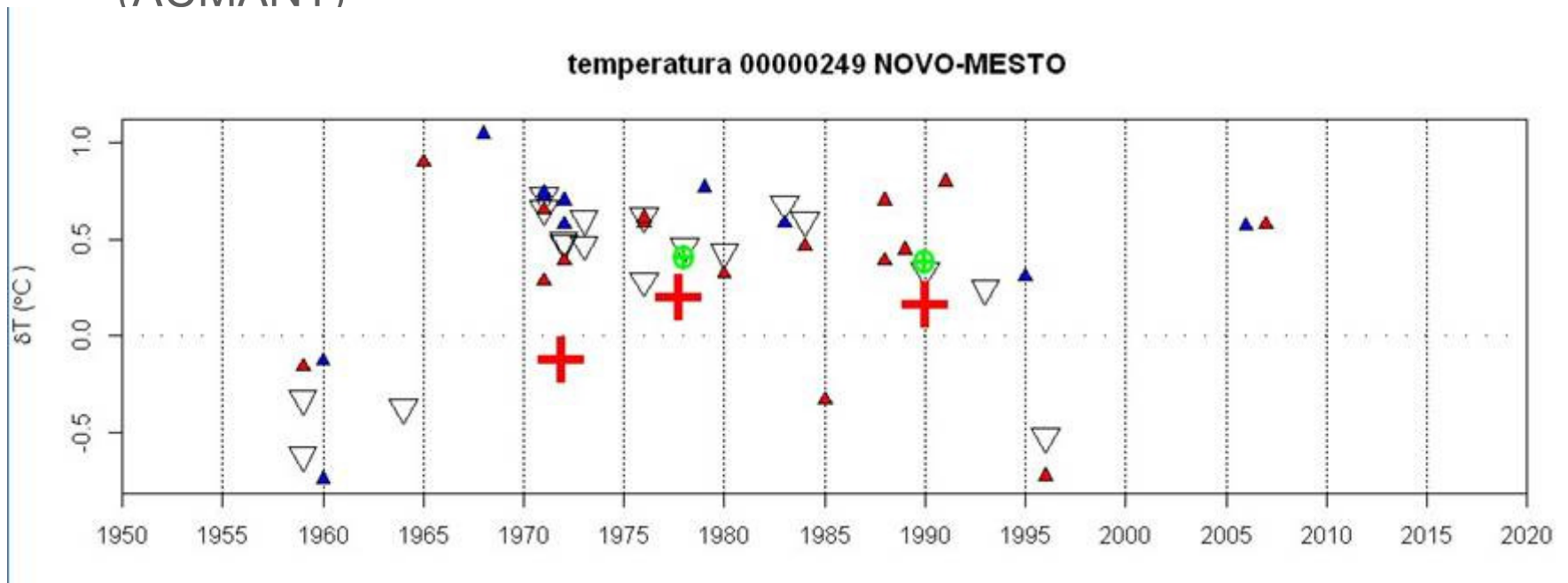


- programsko orodje HOMER:

- relativna homogenizacija
- združuje dobre lastnosti najboljših metod
- osnovna kontrola (osamelci!) in interpolacija manjkajočih vrednosti
- grafični vmesnik
- programski jezik R  
prosto dostopen na: [http://www.homogenisation.org/v\\_02\\_15/](http://www.homogenisation.org/v_02_15/)

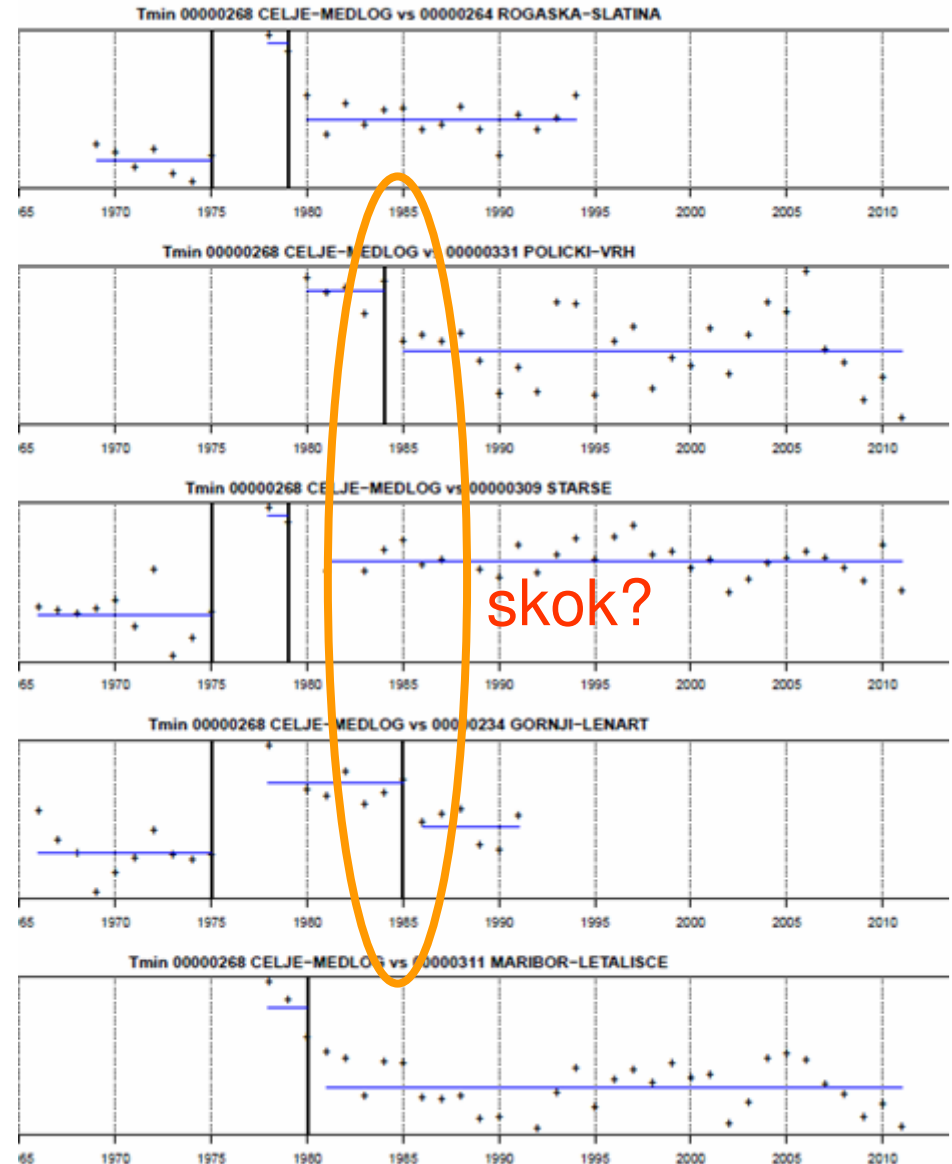


- proces homogenizacije:
  - hiter statistični pregled časovnih nizov
  - grafična primerjava časovnih nizov (relativni odkloni)
  - odkrivanje prelomov po parih nizov (PD)
  - odkrivanje prelomov po metodi sočasne delitve nizov (JD)
  - večkratna ponovitev PD in JD (od večjih k manjšim skokom)
  - vmesno usklajevanje skokov (potrjevanje, točen datum) z metapodatki
  - po želji za konec še iskanje skokov z velikim letnim hodom (ACMANT)



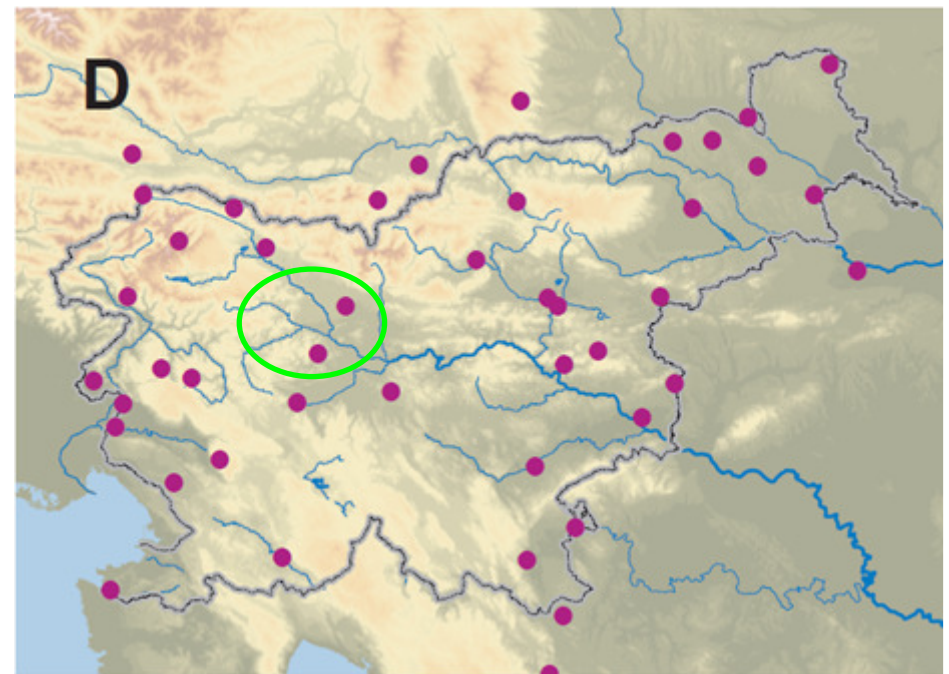
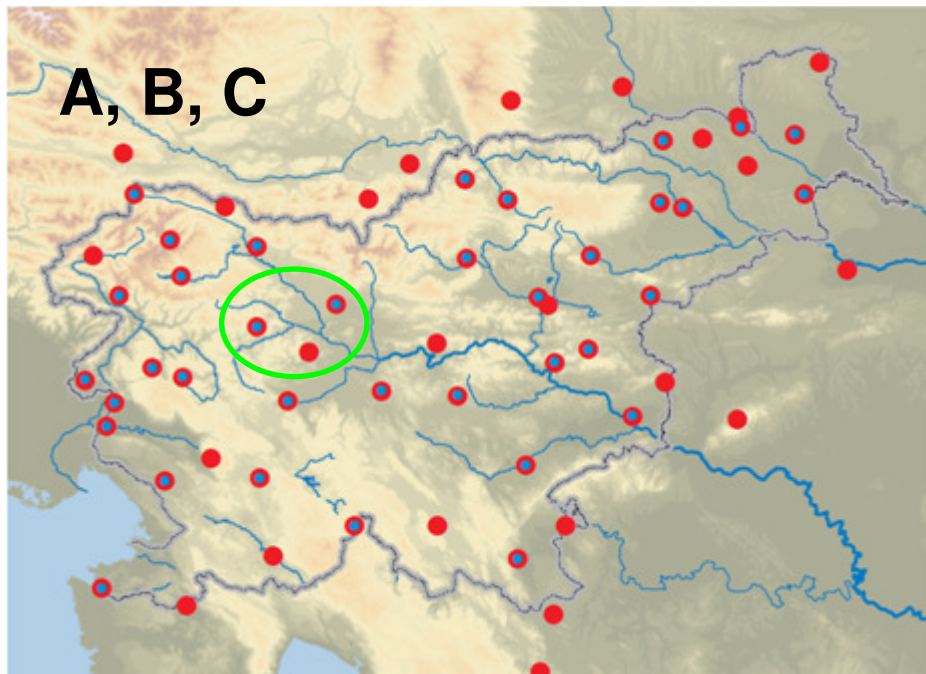
# Skupinska homogenizacija

- najboljše metode so deloma samodejne, deloma ročne
- velik pomen strokovnjaka za homogenizacijo!
- strokovnjak potrdi ali zavrže skoke, ki jih predlaga program (poznavanje podnebne pestrosti, vrednotenje metapodatkov)

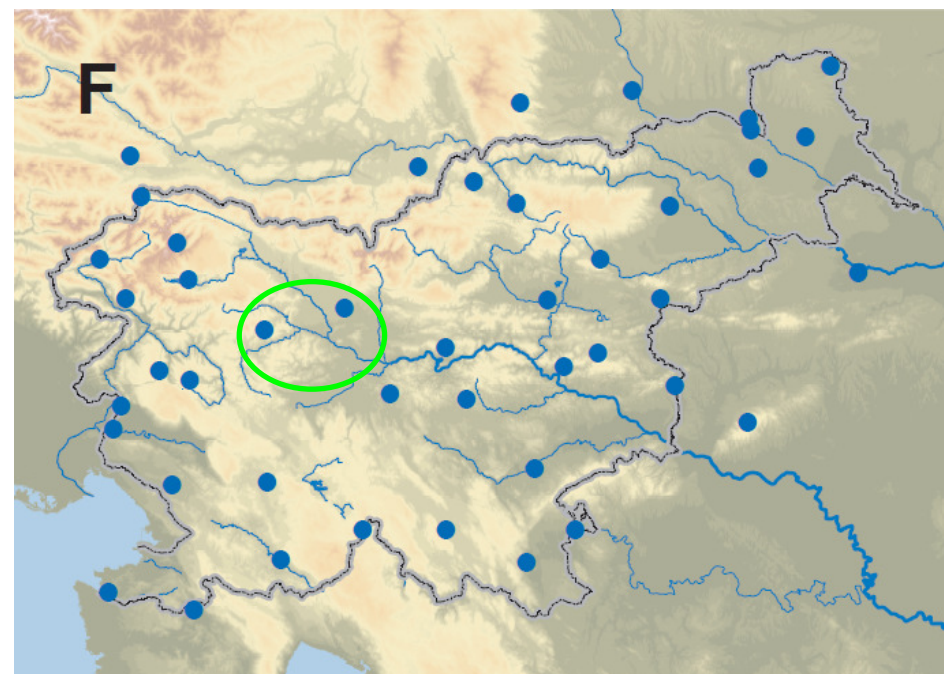
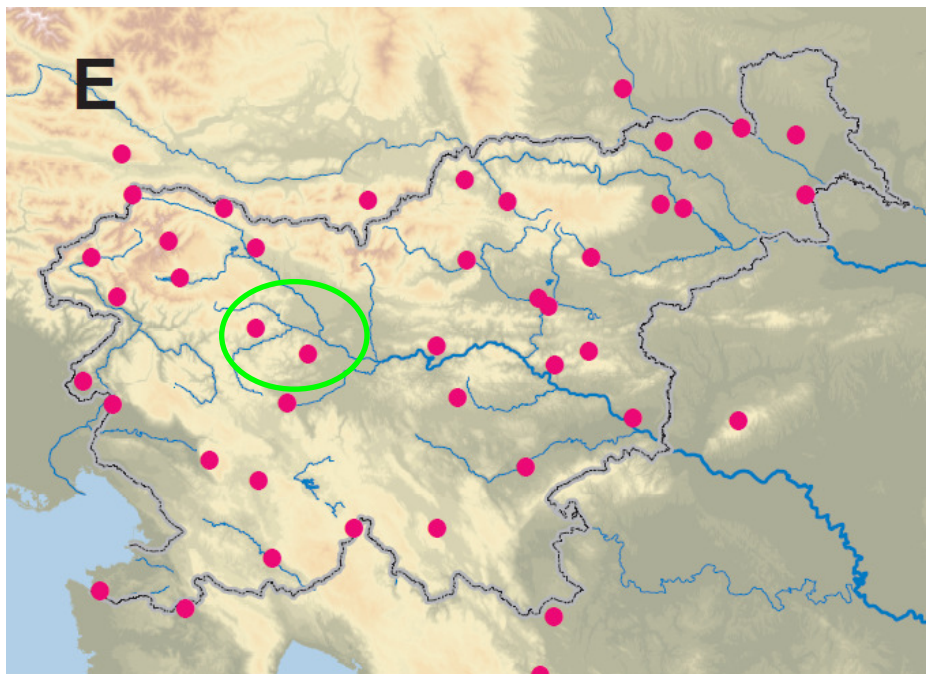




- testiranje vpliva strokovnjaka na končni rezultat, temperatura zraka:
  - različno predznanje strokovnjakov s področja klimatologije in statistike, različna izkušnost s homogenizacijo
  - trije strokovnjaki (A, B, C) za povprečno, najvišjo in najnižjo temperaturo na enakem naboru postaj
  - dodatno trije strokovnjaki (D, E, F) za povprečno temperaturo z okleščanim (a medsebojno različnim) naborom postaj
  - različne nastavitve programskih parametrov (izbor primerjalnih postaj)



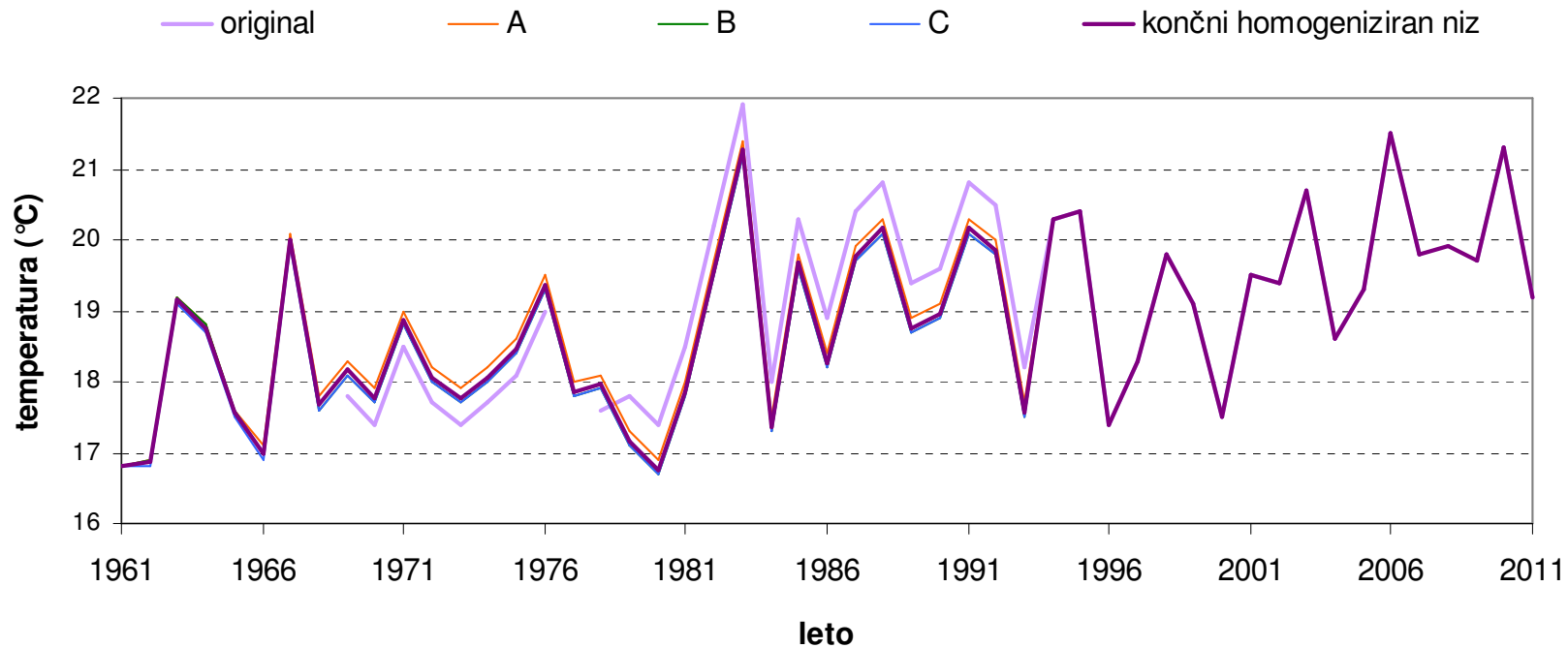
Nabor postaj za homogenizaciju časovnih nizov temperature zraka





- pri višini padavin trije strokovnjaki, dva s polnim naborom, eden zgolj s slovenskimi postajami
- ocena negotovosti zaradi subjektivnega vpliva
- podatkovni nizi za končne uporabnike so povprečja rezultatov strokovnjakov A,B,C

**Julijska povprečna temperatura, Brnik (Letališče JP Ljubljana)**



# Statistika skokov

- število skokov zlasti pri višini padavin odvisno od strokovnjaka
- pri temperaturi več odkritih skokov na postajo
- časovni potek neenakomeren

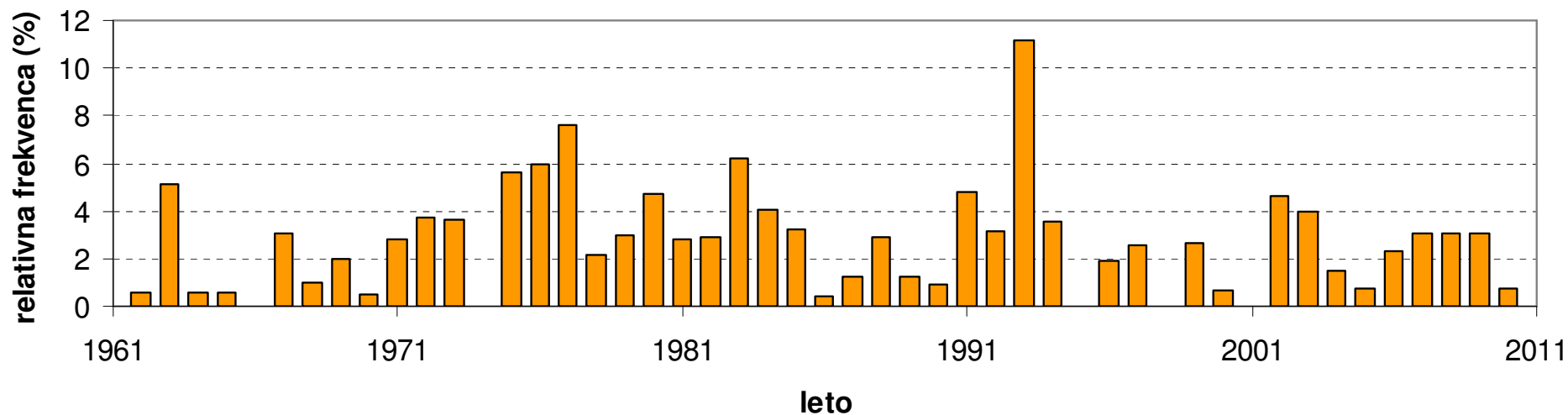
## Povprečna temperatura zraka

strokovnjak	Št. postaj	Št. skokov	% potrjenih z metapodatki	verjetnost skoka (% / postaja / leto)
A	49	45	89	2,4
B	49	47	94	2,6
C	49	42	86	2,3
D	36	57	88	4,3
E	37	29	86	2,1
F	36	39	100	2,8

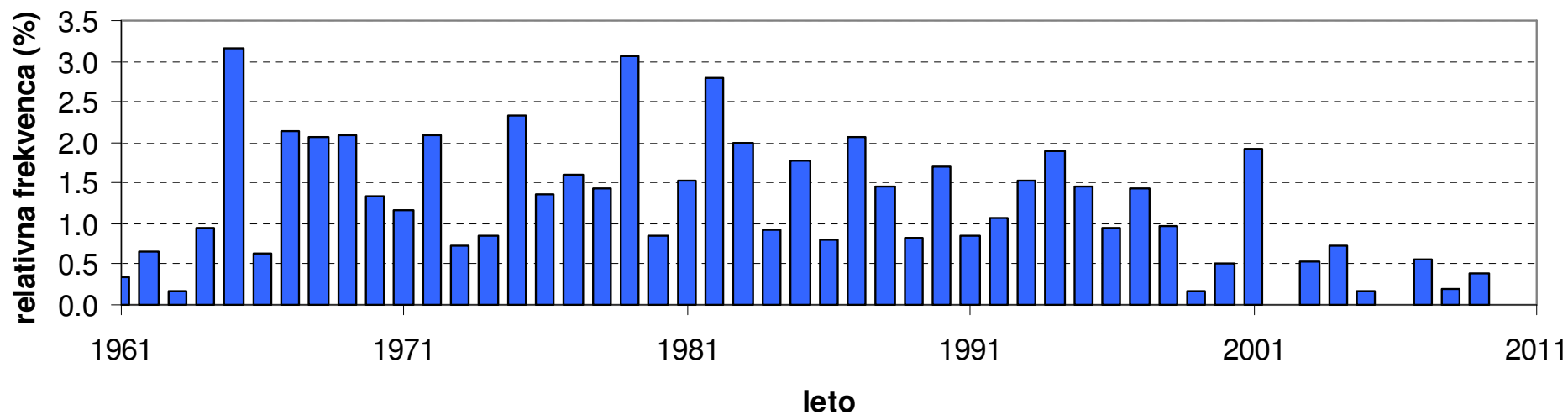
## Višina padavin

strokovnjak	Št. postaj	Št. skokov	% potrjenih z metapodatki	verjetnost skoka (% / postaja / leto)
A	266	97	70	0,9
B	266	170	81	1,6
C	266	135	72	1,2

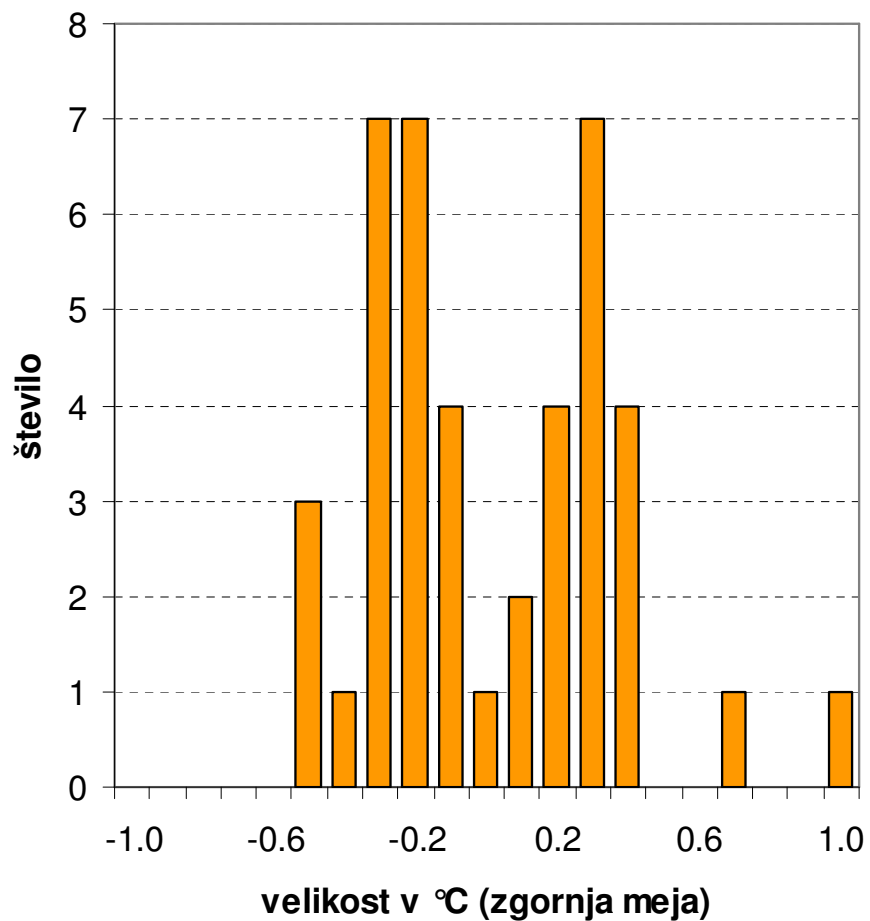
**Verjetnost skoka na posamezni postaji po letih, povprečna temperatura  
povprečje strokovnjakov A-F**



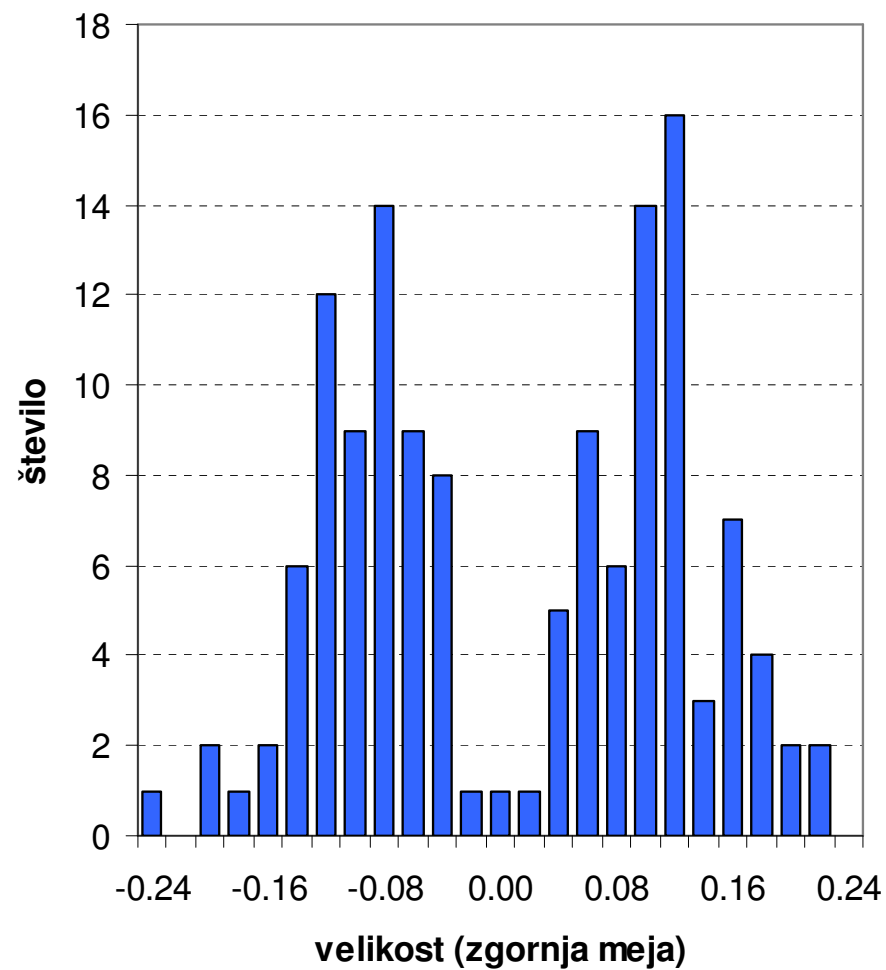
**Verjetnost skoka na posamezni postaji po letih, višina padavin  
povprečje strokovnjakov A-C**



**Porazdelitev velikosti skokov,  
povprečna temperatura (letno),  
strokovnjak C**



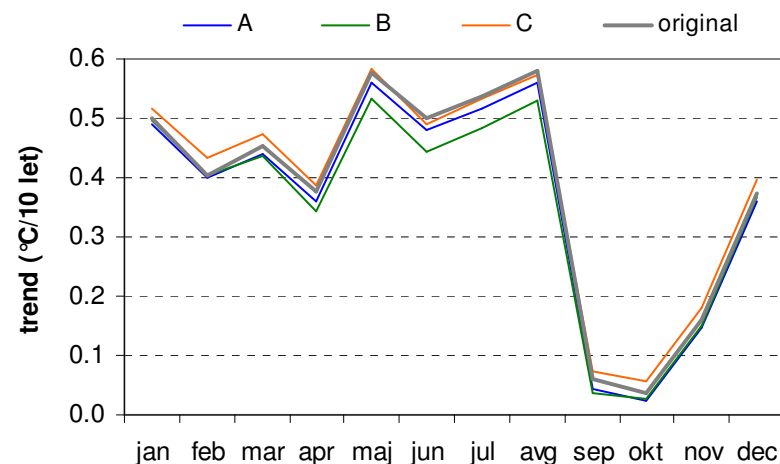
**Porazdelitev velikosti skokov, višina  
padavin (letno), strokovnjak C**



# Skladnost rezultatov

- dokaj skladni rezultati različnih strokovnjakov
- homogenizacija ni bistveno spremenila povprečja na državni ravni
- veliko bolj enotna prostorska slika (kar je logičen rezultat homogenizacije)
- številni posamezni nizi po homogenizaciji bistveno bolje odražajo dejansko podnebno in vremensko spremenljivost

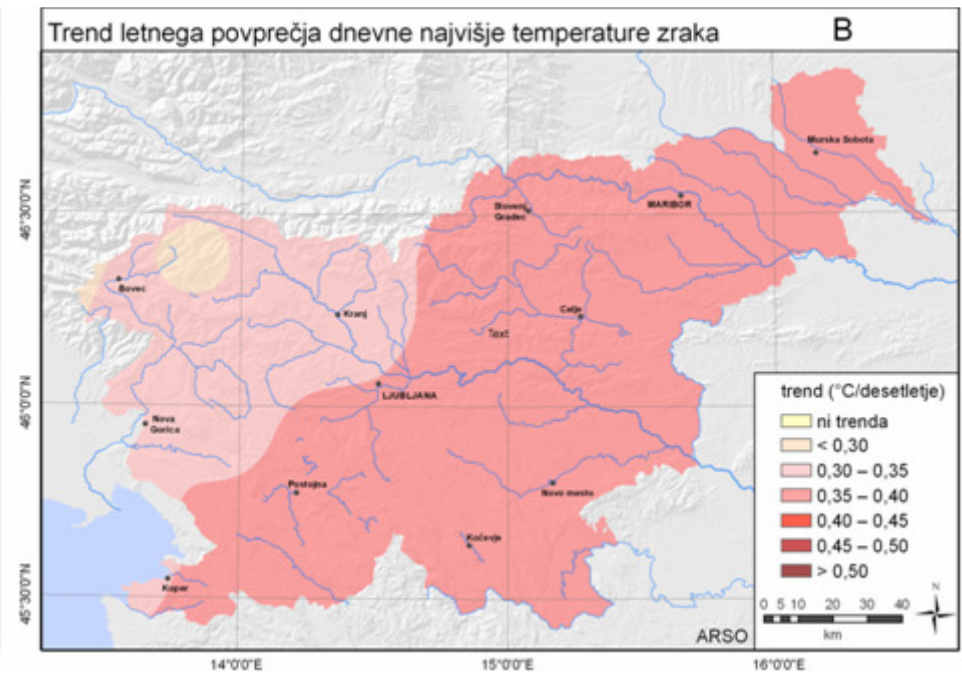
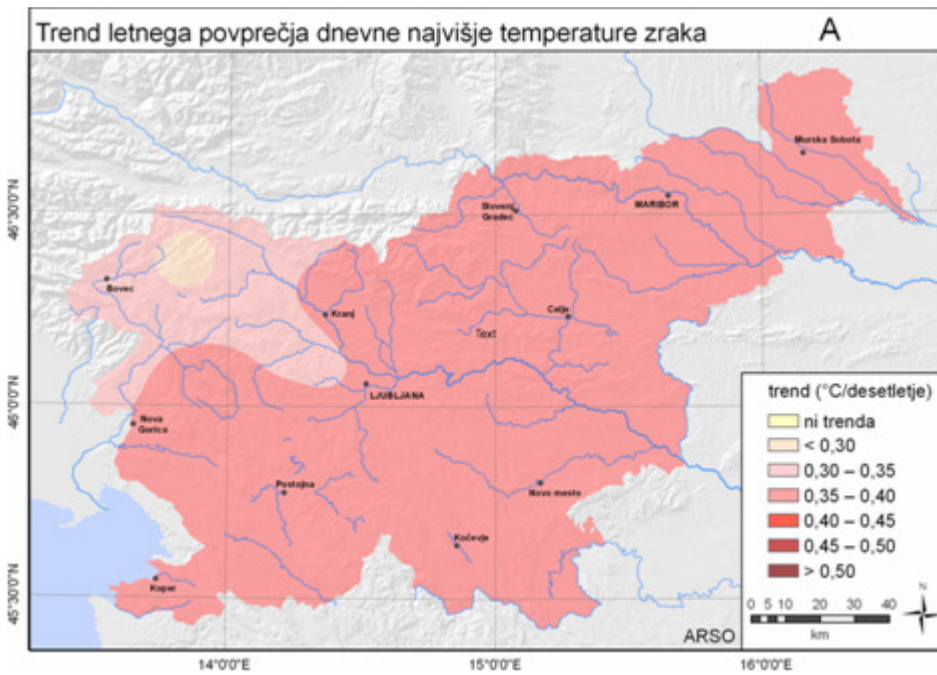
Linearni trend najvišje temperature po mesecih  
1961-2011, slovenske postaje



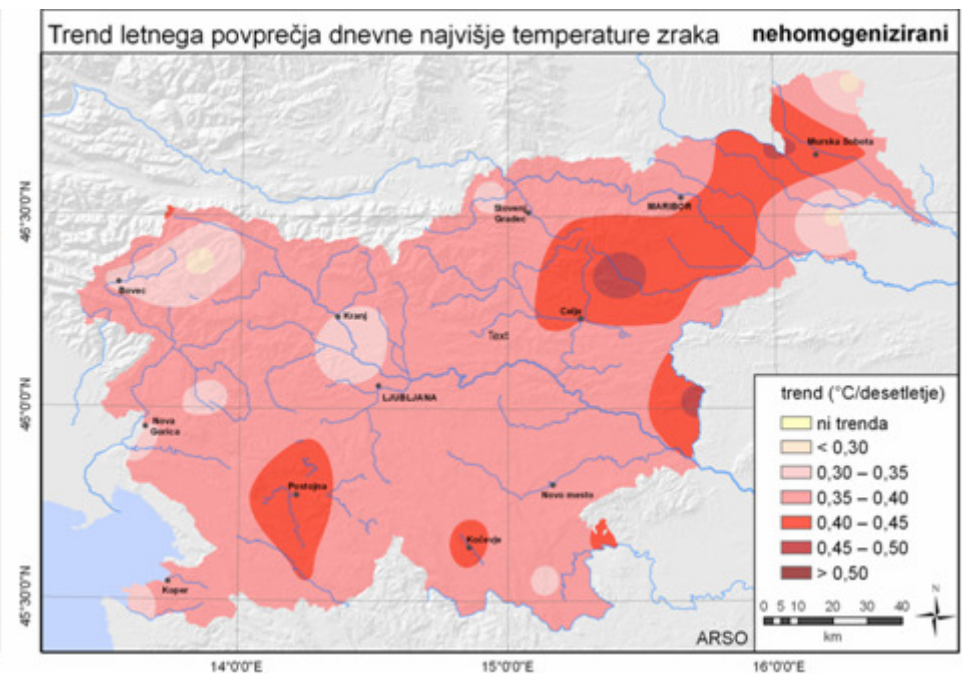
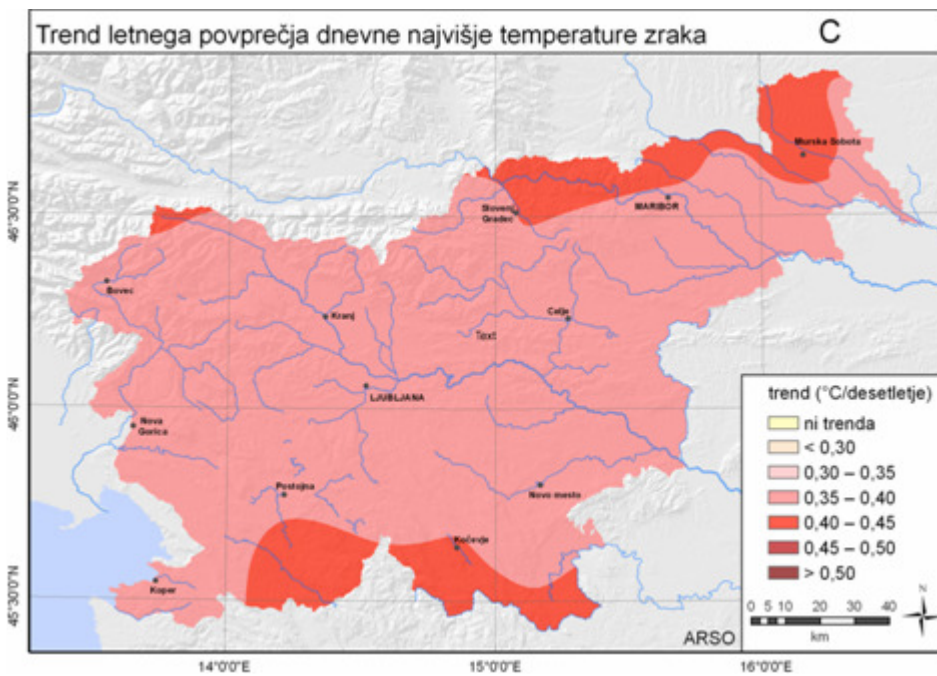
## Povprečni linearni trend za slovenske postaje (°C/10 let ali mm/10 let), 1961-2011, letne vrednosti

spremenljivka	A	B	C	original
višina padavin	-32	-31	-32	-33

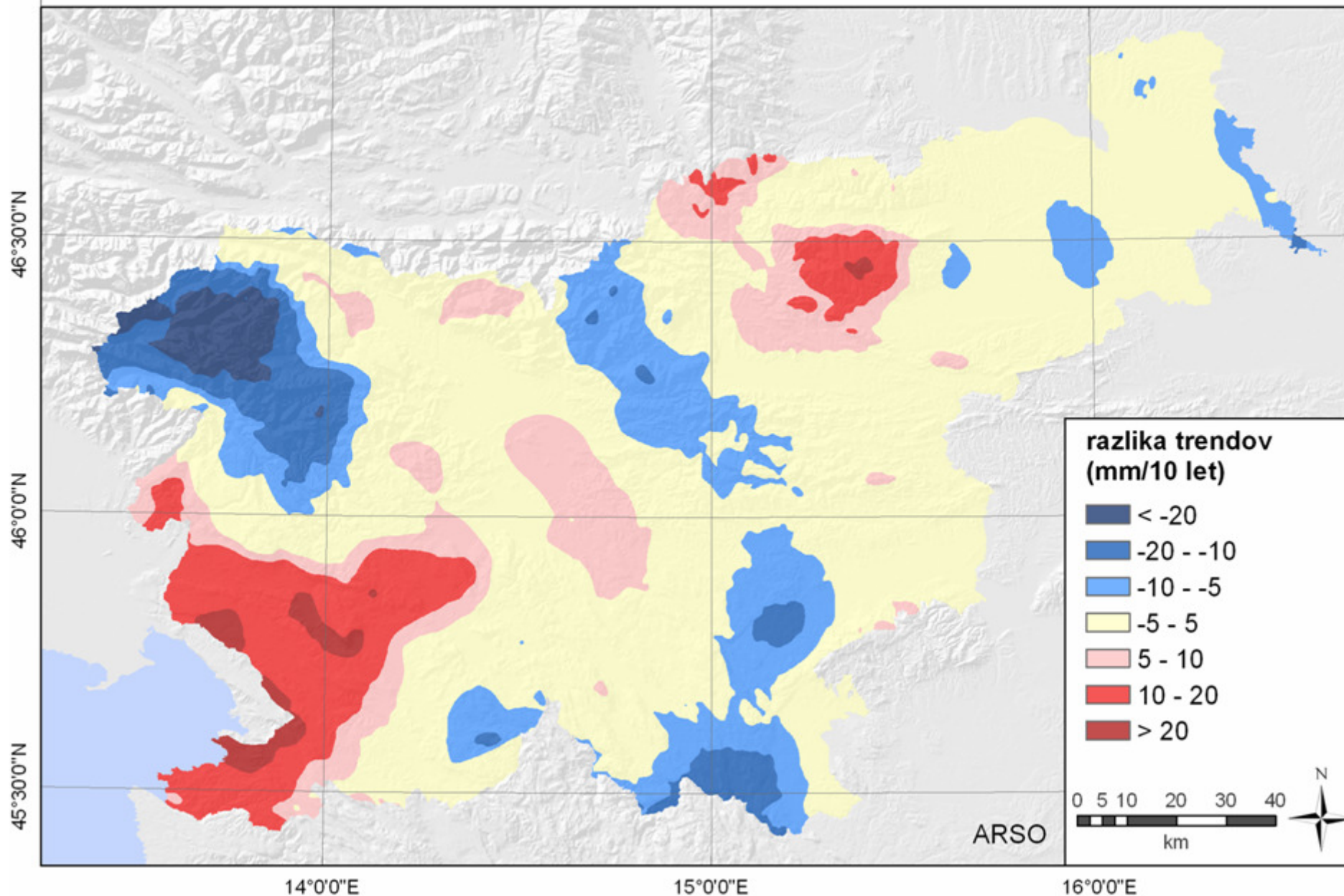
spr.	A	B	C	D	E	F	orig.
T <sub>pov</sub>	0.33	0.33	0.34	0.33	0.34	0.33	0.34
T <sub>min</sub>	0.35	0.35	0.34	/	/	/	0.34
T <sub>max</sub>	0.37	0.35	0.39	/	/	/	0.38



Pomanjkanje primerjalnih postaj (Kredarica!) lahko pripelje do znatne razlike!



## Razlika trendov med homogenizirano in nehomogenizirano višino padavin



# Zaključki

- kontrola podatkov naporen in dolgotrajen proces (več ljudi nekaj let preverjalo izmerke)
- številni nizi višine padavin in še zlasti temperature niso bili primerni za homogenizacijo (slabe meritve, prekratki nizi, urbanizacija)
- pri časovnih nizih temperature  $\sim 1$  skok na postajo, pri višini padavin  $\sim 0,5$  skok na postajo
- tipična velikost temperaturnega skoka na letni ravni  $\sim 0,3$  °C, pri letni višini padavin  $\sim 10$  %
- skoki so časovno neenakomerno posejani





- različni strokovnjaki so večinoma prišli do podobnih rezultatov, a so tudi znatna razhajanja (najvišja temperatura!)
- homogenizirani nizi NISO idealni, so pa (bistveno) boljše kakovosti kakor originalne meritve
- velik pomen kakovostnih meteoroloških meritev (okolica, opazovalec)
- mreža postaj mora biti za kakovostno kontrolo in homogenizacijo enakomerna in dovolj gosta

# Tmax 00000231 BIZELJSKO JJA

