

RAZPRAVE**TRENDI PRETOKOV REK V SLOVENSКИH ALPAH MED LETOMA 1961 IN 2010**

AVTORJA

dr. Mauro Hrvatin

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
mauro@zrc-sazu.si

dr. Matija Zorn

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
matija.zorn@zrc-sazu.si

DOI: 10.3986/GV89201

UDK: 551.583:556.535(497.4)"1961/2010"

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Trendi pretokov rek v slovenskih Alpah med letoma 1961 in 2010

V prispevku obravnavamo trende letnih pretokov rek, ki imajo povirja v slovenskem visokogorju. Obravnavane so reke: Soča, Koritnica, Tolminka, Mostnica, Sava Bohinjka, Sava Dolinka, Radovna, Tržiška Bistrica, Kokra, Kamniška Bistrica, Savinja in Meža. Pretoki so v največji meri posledica podnebnega dogajanja, zato spremembe trendov pretokov povezujemo s podnebnimi spremembami. Te se kažejo v manjši letni količini padavin ter rasti povprečne letne temperature. Ne smemo pa pri spremenljivosti vodnih razmer pozabiti na človeka, ki lahko s spremembami rabe tal močno vpliva na površinski odtok padavin. Rezultati kažejo, da povprečni srednji letni pretoki na vseh obravnavanih rekah podajo, pri večini rek pa padajo tudi absolutni minimalni in absolutni maksimalni pretoki. Poleg tega beležimo spremembe v pretočnih režimih, pri katerih postajata spomladanski (glavni) in jesenski (drugotni) pretočni višek vse bolj izenačena, zimski (glavni) in poletni (drugotni) pretočni nižek pa vse bolj izrazita.

KLJUČNE BESEDE

geografija voda, podnebna geografija, trendi pretokov, pretočni režimi, podnebne spremembe, spremembe rabe tal, Alpe

ABSTRACT

River discharge trends in Slovenian Alps between 1961 and 2010

This article discusses the annual discharge of rivers that have their catchment areas in the Slovenian high mountains. They include the Soča, Koritnica, Tolminka, Mostnica, Sava Bohinjka, Sava Dolinka, Radovna, Tržiška Bistrica, Kokra, Kamniška Bistrica, Savinja, and Meža rivers. Their discharges are largely the result of climate developments, which is why changes in discharge trends are associated with climate change. This change is shown in lower annual precipitation and the increase in annual temperature. However, with regard to the variability of water conditions, human-induced land-use changes should not be ignored because they can have a strong impact on the surface runoff of precipitation. The findings show that average mean annual discharges are falling on all rivers, and that absolute minimum and maximum discharges

are also falling on the majority of rivers. In addition, changes have also been recorded in discharge regimes: the spring (primary) and fall (secondary) discharge maximums are becoming increasingly similar, and the winter (primary) and summer (secondary) discharge minimums are becoming increasingly distinct.

KEY WORDS

hydrogeography, climate geography, discharge trends, discharge regimes, climate changes, land use changes, Alps

Uredništvo je prispevek prejelo 10. oktobra 2017.

1 Uvod

V Geografskem vestniku je v zadnjih dveh letnikih objavljenih več člankov, ki obravnavajo spreminjanje trendov pretokov slovenskih rek v zahodnem delu države v povezavi s podnebnimi spremembami. Tako za območje jadranskega povodja brez Posočja kot za Idrijsko hribovje je bilo ugotovljeno naraščanje povprečne letne temperature, zmanjševanje skupne letne višine padavin in upadanje srednjih letnih pretokov (Kovačič 2016; Kovačič, Kolega in Brečko Grubar 2016; Hrvat in Zorn 2017).

V tem prispevku obravnavamo trende letnih pretokov rek, ki imajo povirja v slovenskem visokogorju. Obravnavane so reke: Soča, Koritnica, Tolminka, Mostnica, Sava Bohinjka, Sava Dolinka, Radovna, Tržiška Bistrica, Kokra, Kamniška Bistrica, Savinja in Meža (slika 1). Območje v grobem sovпада s submakroregijo alpska visokogorja (Perko 1998, 56), ki jo sestavljajo mezoregije Julijske Alpe, Kamniško-Savinjske Alpe, Zahodne Karavanke in Vzhodne Karavanke. Prvi dve sta razčlenjeni z globokimi ledeniško preoblikovanimi dolinami, na obrobjih pa ležijo izrazite zakrasele in gozdnate planote Pokljuka, Mežaklja, Jelovica, Velika planina, Dleskovška planota, Golte, Menina in Dobrovlje. Karavanke so izrazito podolgovato gorovje, visokogorsko le v skrajnem vršnem delu, ki se proti vzhodu nadaljuje v hribovje. Območje zavzema slabo šestino slovenskega ozemlja, s povprečno nadmorsko višino 1054,5 m in povprečnim naklonom 24,6° (Perko in Kladnik 1998, 31). Podnebje je pretežno gorsko (Ogrin 1996, 47). Povprečne temperature so v najhladnejšem mesecu pod -3°C in v najtoplejšem mesecu nad 10°C . Takšne razmere prevladujejo do nadmorske višine okoli 2000 m, do koder seže tudi zgornja drevesna meja. Glede na padavinski režim lahko razdelimo pokrajino na dva dela: gorski svet v zahodni Sloveniji s submediteranskim režimom in letnimi padavinami od 1600 do 3000 mm ter gorski svet v severni Sloveniji z omiljenim celinskim padavinskim režimom in letnimi padavinami od 1100 do 1700 mm (Ogrin 1996, 52). Med kamninami prevladuje apnenec (na prek 50 % območja), gozdnatost pa presega 70 % (Petek 2005, 42, 132).

2 Hidrološki režim in podnebne spremembe

Številne raziskave kažejo, da podnebne spremembe vplivajo na hidrološki režim (glej literaturo v Arnell in Gosling 2013, 351). V članku obravnavamo slovenske Alpe, kjer ima na hidrološki režim velik vpliv taljenje snega.

V Švici v splošnem ugotavljajo povečanje letnih pretokov, predvsem na račun večjega odtoka pozimi, spomladi in jeseni. Zimsko povečanje povezujejo s spremembo snežnih padavin in dežne zaradi višjih temperatur, prav tako pa višje spomladanske pretoke povezujejo z višjimi temperaturami in posledično zgodnejšim taljenjem snega (Birsan in ostali 2005, 326). Topogledno v porečjih severno od Alp (Ren, Donava) ugotavljajo, da so se v zadnjem stoletju spomladanski pretoki časovno prestavili za več kot dva tedna, južno od Alp (Rona, Pad) pa za več kot tri tedne (Zampieri in ostali 2015, 230). V Avstriji napovedujejo višje pretoke pozimi kot posledico zgodnejšega taljenja snega, v toplejšem delu leta pa posledično nižje pretoke poleti (Goler in ostali 2016, 621). Povečanje zimskega in jesenskega pretoka opažajo tudi v celinskem delu Hrvaške, zmanjšane pretoke pa poleti (Čanjevec in Orešić 2018, 8). V severni Italiji se zimski pretoki zmanjšujemo pod 1800 m nadmorske višine, višje pa se povečujejo; spomladanski in poletni pretoki se zmanjšujejo (Bocchiola 2014, 51). Večina italijanskih alpskih rek kaže nižje letne pretoke (povprečno $-0,149\text{ l/s km}^2$ na leto oziroma približno $-13,41\text{ l/s km}^2$ v 90 letih) (Bocchiola 2014, 61).

Po enem izmed globalnih podnebnih scenarijev naj bi se povprečni odtok do leta 2050 povečal na skoraj polovici kopnega, zmanjšal pa na dobri tretjini. V Evropi naj bi narasel predvsem v višjih zemljepisnih širinah, zmanjšal pa v Srednji Evropi in v Sredozemlju (Arnell in Gosling 2013, 363–364).

Niso pa zgolj spremembe temperatur in padavin tiste, ki vplivajo na hidrološki režim. Spremembe temperatur vplivajo na izhlapevanje, ki naj bi se tekom 21. stoletja zaradi nekaj stopinj višjih temperatur

povečalo za prek 200 mm/leto (Goler in ostali 2016, 624). Na območju Alp naj bi se temperature do konca 21. stoletja dvignile za $+3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, kar je več kot v Evropi kot celoti ($+3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Janža 2013, 1026). Pri spreminjanju hidrološkega režima pa ne smemo pozabiti na neposredne človeške vplive: spremembe rabe tal, regulacijske posege, gradnjo pregrad, urbanizacijo in namakanje (Uлага 2002, 111; Bormann 2010, 261; Zampieri in ostali 2015, 222; Šraj, Menih in Bezjak 2016), pa tudi na dolžino merilnih nizov (Bezjak, Brilly in Šraj 2016).

2.1 Slovenske reke

Pretekle raziskave povprečnih letnih pretokov slovenskih rek so pokazale, da je bil »... statistično značilen regionalni trend odkrit predvsem pri pretokih rek v severozahodnem delu ... države, kje se ... povprečni letni odtok ... v zadnjih petdesetih letih zmanjšuje ...« (Frantar, Kobold in Uлага 2008, 50; glej tudi Uhan 2007, 164; Uлага, Kobold in Frantar 2008a; 2008b; Kobold, Dolinar in Frantar 2012, 15).

»Trend srednjih letnih pretokov [v obdobju 1971–2000, opomba avtorjev] kaže na zmanjševanje letne količine vode v vseh pokrajinskih enotah Slovenije« (Frantar, Kobold in Uлага 2008, 54). Padajoči trend srednjih letnih pretokov so ugotovili tudi za obdobje 1955–1999, ko naj bi pretoki povprečno upadli za dobrih 18 % (Uлага 2002, 99–100). Upadanje je pri večini vodotokov v Sloveniji ugotovil tudi Makor (2016, 77, 88), ki izpostavi, da »... v poletnih mesecih pretok upada v primerjavi z ostalim letom ... ter da se decembra pretok povečuje ...«. Do nekoliko drugačnih sklepov pa so prišli Šrajeva, Menih in Bezjak (2016), katerih rezultati na ravni Slovenije ne kažejo nekega splošnega trenda naraščanja ali upadanja srednjih letnih pretokov.

Nekatere projekcije kažejo, da se bodo pretoki v Slovenji v prihodnje še zmanjševali – ob dvigu temperature za $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ter hkratnemu padcu padavin za desetino, naj bi se pretoki v Posavju zmanjšali za slabo četrtno, v Posočju pa za dobro šestino, ob dvigu temperatur za $+2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pa naj bi se pretoki v Posavju zmanjšali za tretjino, v Posočju pa za slabo četrtno (Kobold 2007, 105).

V obdobju 1971–2000 so upadali tudi trendi največjih letnih pretokov, a so imeli manjšo statistično značilnost kot povprečni letni pretoki. Predvsem gorska porečja so kazala tudi upadanje minimalnih letnih pretokov (Frantar, Kobold in Uлага 2008, 56; Uлага, Kobold in Frantar 2008a, 5; Kobold, Dolinar in Frantar 2012, 16–17). Statistično značilni negativni trendi malih pretokov v obdobju 1971–2000 so bili na Meži, Savi Bohinjki, Savi v Radovljici, Savinji, Soči v Kršovcu in Radovni (Uлага, Kobold in Frantar 2008b, 12).

V obdobju 1955–1999 je bil na območju zgornjega toka Save srednji letni pretok nadpovprečno padajoč, upadali pa so tudi minimalni letni pretoki. Nadpovprečno upadanje srednjega letnega pretoka je imela tudi Kokra, manjše upadanje pa je kazala Kamniška Bistrica. Močan trend upadanja srednjega letnega pretoka sta kazali Savinja v zgornjem toku ter Koritnica, povprečno upadanje pa Soča (Uлага 2002, 107, 109).

2.2 Temperature in padavine

Od sredine 19. stoletja, ko se je končala »mala ledena doba«, so se temperature v Evropi in širše zviševale. V 20. stoletju se je globalna temperatura zvišala za $0,74 \pm 0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1906–2005). Naraščanje temperature v drugi polovici stoletja se je skoraj podvojilo v primerjavi s celotnim stoletjem ($0,13 \pm 0,03\text{ }^{\circ}\text{C}$ /desetletje v primerjavi z $0,07 \pm 0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$ /desetletje; Trenberth in ostali 2007). V Evropi so se v 20. stoletju maksimalne in minimalne temperature pozimi zvišale za $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 100 let, poleti pa za $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ na 100 let (Milošević in ostali 2017, 2). V Slovenji se je povprečna temperatura zraka v drugi polovici 20. stoletja (1956–2005) statistično značilno povečala za $1,4 \pm 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, najbolj v mestih in manj na podeželju (preglednica 1). Projekcije za 21. stoletje kažejo dvig temperature zraka v hladni polovici leta za približno $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (razpon od $1,5$ do $7\text{ }^{\circ}\text{C}$) in v topli polovici leta za $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (razpon od $1,5$ do $8\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Kajfež-Bogataj 2006, 171–172).

Spremembe količine padavin na večjem delu slovenskega ozemlja niso statistično značilne (Kajfež-Bogataj 2006, 172). Kljub temu so opazni trendi, ki nakazujejo manjše količine padavin (preglednica 2), na primer v Ljubljani od –36 mm do –43 mm na 100 let, v Mariboru –40 mm na 100 let in Trstu –80 mm na 100 let (Ogrin 2003, 121; Žiberna 2011, 109–110).

V Sloveniji se količina padavin spreminja tudi sezonsko. »... Jeseni se količina padavin večja skoraj po vsej državi z izjemo manjših predelov na jugovzhodu države in na Koroškem. Pozimi smo zaznali dvojnost: v zahodni Sloveniji ter na Koroškem in Pohorju se količina zmanjšuje, v vzhodni polovici pa sprememb ni. Spomladi je opaziti dokaj enoten trend zmanjševanja padavin po vsej državi razen v vzhodni Štajerski, Prekmurju in Goričkem. Poleti je po vsej državi padavin manj, izjema so višji predeli Alp, kjer ni opaziti sprememb. Padavinski režim se spreminja, jesenski višek postaja bolj izrazit, medtem ko se v ostalih mesecih količina padavin zmanjšuje, kar odločujoče vpliva tudi na količine pretokov v rekah...« (Kobold, Dolinar in Frantar 2012, 10).

Poleg padavinskega režima na pretok vpliva tudi snežna odeja. V obdobju 1971–2000 so zabeležili statistično značilen upad na zahodnem robu Alpsko-Dinarske pregrade, za celotno državo pa je bilo ugotovljeno manjšanje akumulacije padavin v snežni odeji (Kobold, Dolinar in Frantar 2012, 10–11). V Ljubljani se je v obdobju 1950–2009 število dni s snežno odejo zmanjševalo za tri dni na desetletje, na ravni države pa za 2 do 4 dni na desetletje (Dolinar 2010, 4, 12).

Preglednica 1: Izbrani podatki o naraščanju temperatur v Sloveniji (+ naraščajoči trend, – padajoči trend).

obdobje	sprememba temperature	vir
1951–2000	+1,1 ± 0,6 °C	Sušnik 2004, 13
1951–2007	+0,15–0,29 °C/desetletje Pomlad: +0,3–0,4 °C/desetletje Poletje: +0,3–0,4 °C/desetletje Jesen: brez posebnega trenda Zima: +0,2–0,3 °C/desetletje	De Luis in ostali 2014, 1804; Climate... 2017
1956–2005	+1,4 ± 0,6 °C Topla polovica leta: +3,5 °C (razpon: 1,5–8 °C) Hladna polovica leta: +3 °C (razpon: 1,5–7 °C)	Kajfež-Bogataj 2006, 171–172
1961–2011	Povprečne letne: +1,4–2,4 °C/51 let Maksimalne letne: +1,3–2,4 °C/51 let Minimalne letne: +1,7–2,9 °C/51 let	Milošević, Savič in Žiberna 2013, 7
1961–2011	+0,3–0,4 °C/desetletje	Vertačnik in ostali 2015, 4015; Climate... 2017
1979–2008	+0,6 °C/100 let	Dolinar in Vertačnik 2010, 38
1991–2007 glede na 1961–1990	+0,7–1,4 °C	Kajfež-Bogataj in ostali 2010, 100
1963–2014	Povprečne letne: +0,3–0,5 °C/desetletje Pomlad: +0,4–0,6 °C/desetletje Poletje: +0,4–0,7 °C/desetletje Jesen: +0,1–0,3 °C/desetletje Zima: +0,2–0,6 °C/desetletje	Milošević in ostali 2017, 7

Preglednica 2: Izbrani podatki o spreminjanju padavin, na primeru treh večjih mest v Sloveniji in zamejstvu (+ naraščajoči trend, – padajoči trend).

kraj	obdobje	sprememba padavin	vir
Ljubljana	1851–2002	Leto: –36 mm/100 let Pomlad: –1 mm/100 let Poletje: +11 mm/100 let Jesen: –38 mm/100 let Zima: +11 mm/100 let	Ogrin 2003, 121; 2004, 49
Ljubljana	1865–2010	Leto: –43,17 mm/100 let Pomlad: –10,39 mm/100 let Poletje: –20,97 mm/100 let Jesen: –19,16 mm/100 let Zima: +8,36 mm/100 let	Žiberna 2011, 109–110
Ljubljana	1961–2011	–273 mm	Milošević, Savić in Žiberna 2013, 8
Ljubljana	1950–2009	Leto: –16 mm/10 let Pomlad: –8 mm/10 let Poletje: –7 mm/10 let Jesen: +14 mm/10 let Zima: –16 mm/10 let	Dolinar 2010, 4
Ljubljana	1988–2002 v primerjavi z 1961–1990	Leto: –69 mm Pomlad: –48 mm Poletje: –37 mm Jesen: +74 mm Zima: –52 mm	Ogrin 2003, 127
Maribor	1876–2010	Leto: –39,75 mm/100 let Pomlad: –34,23 mm/100 let Poletje: –3,54 mm/100 let Jesen: –15,72 mm/100 let Zima: +1,35 mm/100 let	Žiberna 2011a, 111, 113; Žiberna 2011b, 28
Maribor	1961–2011	–139,2 mm	Milošević, Savić in Žiberna 2013, 8
Trst	1851–2002	Leto: –80 mm/100 let Pomlad: –21 mm/100 let Poletje: –14 mm/100 let Jesen: –44 mm/100 let Zima: +1 mm/100 let	Ogrin 2003, 121; 2004, 49
Trst	1988–2002 v primerjavi z 1961–1990	Leto: +32 mm Pomlad: –5 mm Poletje: –15 mm Jesen: +96 mm Zima: –42 mm	Ogrin 2003, 127

3 Metode

Za ugotavljanje trenda spreminjanja izbranih podnebnih in hidroloških spremenljivk (preglednica 3) v obdobju od 1961 do 2010 smo na izbranih vodomernih, temperaturnih in padavinskih postajah (preglednici 4 in 5; slika 1) uporabili Mann-Kendallov test ter Theil-Senovo cenilko, krajše imenovano tudi Senov naklon. Mann-Kendallov test je neparametričen test za ugotavljanje monotonega trenda. Ni občutljiv na podatkovne osamelce in temelji na testni statistiki. Pozitivna vrednost testne statistike označuje naraščajoč trend, negativna vrednost testne statistike pa kaže na padajoč trend (Kraner Šumenjak in Šuštar 2011). Senov naklon je najpogosteje uporabljeni neparametrični test za ugotavljanje linearnega časovnega trenda (Kraner Šumenjak in Šuštar 2011). V primerjavi z linearno regresijo je Senov naklon bistveno bolj natančen pri asimetrično porazdeljenih podatkih in pri normalno porazdeljenih podatkih daje povsem primerljive rezultate metodi najmanjših kvadratov (Kovačič 2016, 10; Kovačič, Kolega in Brečko Grubar 2016, 24).

Pri izračunih vrednosti Mann-Kendallovega testa in Senovega naklona smo si pomagali s prosto dostopnim programskim orodjem MAKESENS (*Mann-Kendall test for trend and Sen's slope estimates*) 1.0 (medmrežje 1; Salmi in ostali 2002).

V preglednicah hidroloških in podnebnih spremenljivk so poleg vrednosti Mann-Kendallovega testa in Senovega naklona predstavljene še vrednosti ravni zaupanja, (začetnega) trendnega stanja leta 1961, (končnega) trendnega stanja leta 2010 ter absolutne in relativne trendne razlike.

Raven zaupanja je v statistiki verjetnost, da izračunani interval zaupanja vključuje vrednost ocenjevanega parametra. Višja raven zaupanja v našem primeru pomeni večjo verjetnost, da ugotovljeni trend naraščanja ali upadanja izbrane spremenljivke dejansko obstaja.

Začetno trendno stanje leta 1961 je vrednost izbrane spremenljivke za leto 1961, ki smo jo odčitali na trendni premici, končno trendno stanje leta 2010 pa je vrednost izbrane spremenljivke za leto 2010, ki smo jo prav tako odčitali na trendni premici. Absolutna trendna razlika je razlika med končnim in začetnim trendnim stanjem, relativna trendna razlika pa je razlika med končnim in začetnim trendnim stanjem izražena v odstotkih.

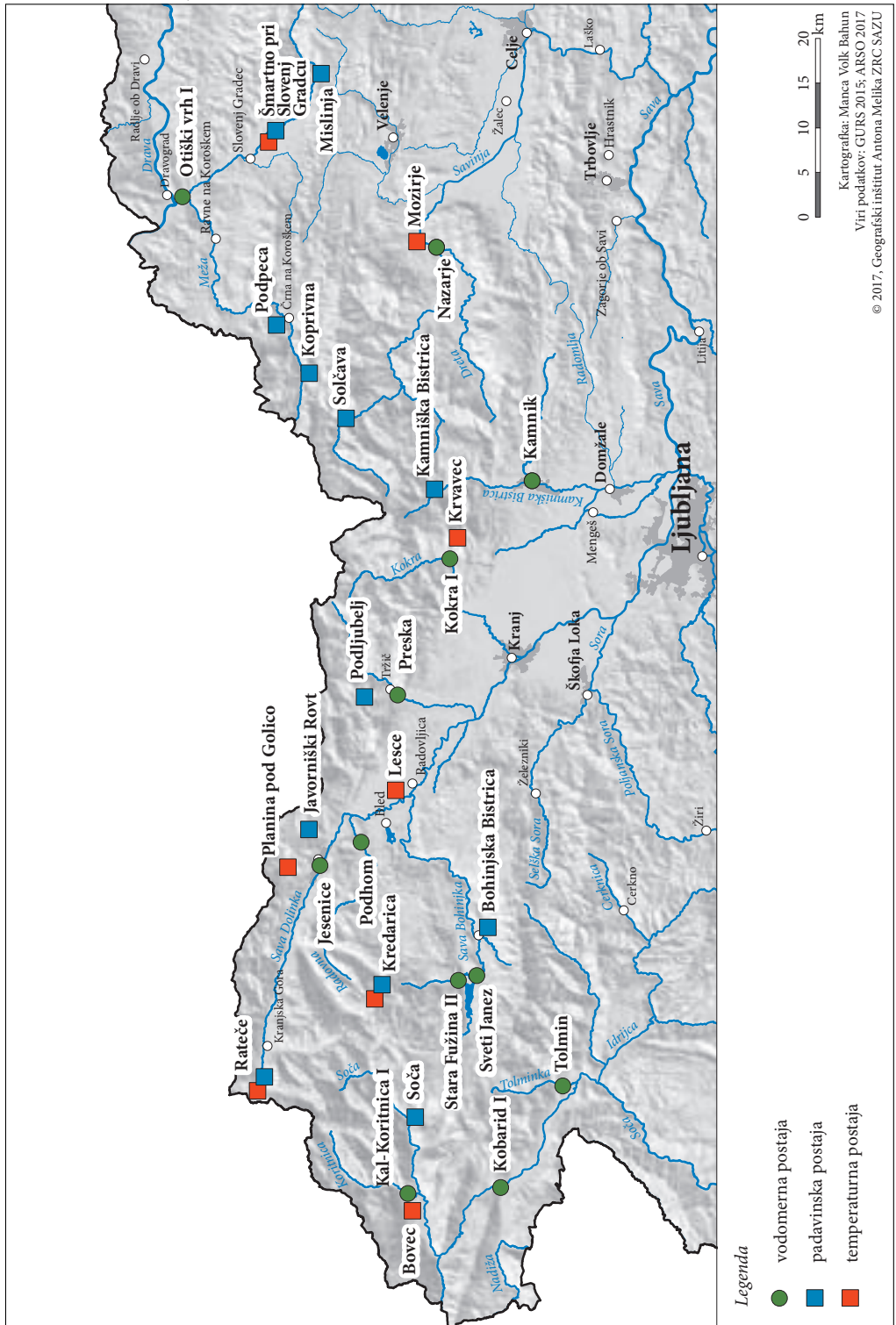
Trendno vrednost za izbrano leto lahko izračunamo po enačbi:

$$\text{trendna vrednost za leto } x = \text{Senov naklon} \cdot (\text{trendno leto } x - \text{začetno trendno leto}) + \text{začetna trendna vrednost.}$$

Preglednica 3: Obravnavane hidrološke in podnebne spremenljivke.

hidrološke spremenljivke	absolutni minimalni pretok povprečni srednji pretok absolutni maksimalni pretok
podnebne spremenljivke	povprečna letna temperatura količina letnih padavin dnevi s padavinami nad 0,1 mm dnevi s snežno odejo

Slika 1: Lokacije temperaturnih, padavinskih in vodomernih postaj, obravnavanih v analizi. ► str. 16



4 Podatki

4.1 Hidrološke spremenljivke

Podatke o hidroloških spremenljivkah smo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje (Arhiv hidroloških ... 2017). V analizo smo vključili dvanajst postaj iz slovenskih Alp (preglednica 4; slika 1). Uporabili smo podatke s postaj z več desetletnim nizom meritev.

Preglednica 4: Obravnavane vodomerne postaje s časovnimi nizi meritev.

vodomerne postaja	vodotok	občina	nadmorska višina (m)	časovni niz	število letnih meritev
Otiški Vrh I	Meža	Dravograd	334	1961–2010	50
Jesenice	Sava Dolinka	Jesenice	566	1961–2010	50
Podhom	Radovna	Gorje	566	1961–2010	50
Sveti Janez	Sava Bohinjka	Bohinj	525	1961–2010	50
Stara Fužina II	Mostnica	Bohinj	527	1961–2006	46
Preska	Tržiška Bistrica	Tržič	489	1961–2010	49
Kokra I	Kokra	Preddvor	523	1961–2010	50
Kamnik I	Kamniška Bistrica	Kamnik	371	1961–2006	46
Nazarje	Savinja	Nazarje	337	1961–2010	50
Kobarid I	Soča	Kobarid	195	1961–2010	50
Kal-Koritnica	Koritnica	Bovec	405	1961–2010	49
Tolmin	Tolminka	Tolmin	168	1961–2010	45

4.2 Podnebne spremenljivke

Podatke o podnebnih spremenljivkah smo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje (Arhiv meteoroloških ... 2017). V analizo smo vključili osem temperaturnih in dvanajst padavinskih postaj iz slovenskih Alp (preglednica 5; slika 1). Uporabili smo podatke s postaj z več desetletnim nizom meritev.

Preglednica 5: Obravnavane vremenske postaje s časovnimi nizi meritev.

	vremenska postaja	občina	nadmorska višina (m)	časovni niz	število letnih meritev
temperaturna postaja	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Slovenj Gradec	444	1961–2010	50
	Mozirje	Mozirje	340	1961–2010	50
	Krvavec	Cerklje na Gorenjskem	1740	1961–2010	47
	Lesce	Radovljica	515	1961–2010	50
	Planina pod Golico	Jesenice	947	1961–2010	50
	Rateče	Kranjska Gora	864	1961–2010	50
	Kredarica	Kranjska Gora	2513	1961–2010	50
	Bovec	Bovec	450	1961–2010	50

	vremenska postaja	občina	nadmorska višina (m)	časovni niz	število letnih meritev
padavinska postaja	Mislinja	Mislinja	589	1961–2010	50
	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Slovenj Gradec	444	1961–2010	50
	Podpeca	Črna na Koroškem	950	1961–2010	49
	Koprivna	Črna na Koroškem	840	1961–2010	50
	Solčava	Solčava	658	1961–2010	50
	Kamniška Bistrica	Kamnik	610	1961–2010	48
	Podljubelj	Tržič	679	1961–2010	49
	Javorniški Rovt	Jesenice	940	1961–2010	50
	Rateče	Kranjska Gora	864	1961–2010	50
	Bohinjska Bistrica	Bohinj	507	1961–2010	49
	Kredarica	Kranjska Gora	2513	1961–2010	50
	Soča	Bovec	487	1961–2010	50

5 Rezultati

5.1 Hidrološke spremenljivke

V okviru hidroloških spremenljivk smo obravnavali (preglednica 3): (1) trende absolutnih minimalnih letnih pretokov, (2) trende povprečnih srednjih letnih pretokov in (3) trende absolutnih maksimalnih letnih pretokov.

5.1.1 Absolutni minimalni letni pretoki

Trendi absolutnih minimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 so pri desetih alpskih vodotokih od dvanajstih izrazito padajoči (preglednica 6, slika 2). Trendna razlika je skromna in zanemarljiva le na Savi Bohinjki (vodomerna postaja (v. p.) Sveti Janez) in Soči (v. p. Kobarid I), pri vseh ostalih rekah pa presega vsaj 15 %.

Raven zaupanja je zelo spremenljiva. Na sedmih vodotokih (Radovna, Sava Bohinjka, Mostnica, Kokra, Soča, Koritnica in Tolminka) ne presega 90 %, pri preostalih petih vodotokih (Meža, Sava Dolinka, Tržiška Bistrica, Kamniška Bistrica in Savinja) pa dosega vsaj 99,0 %.

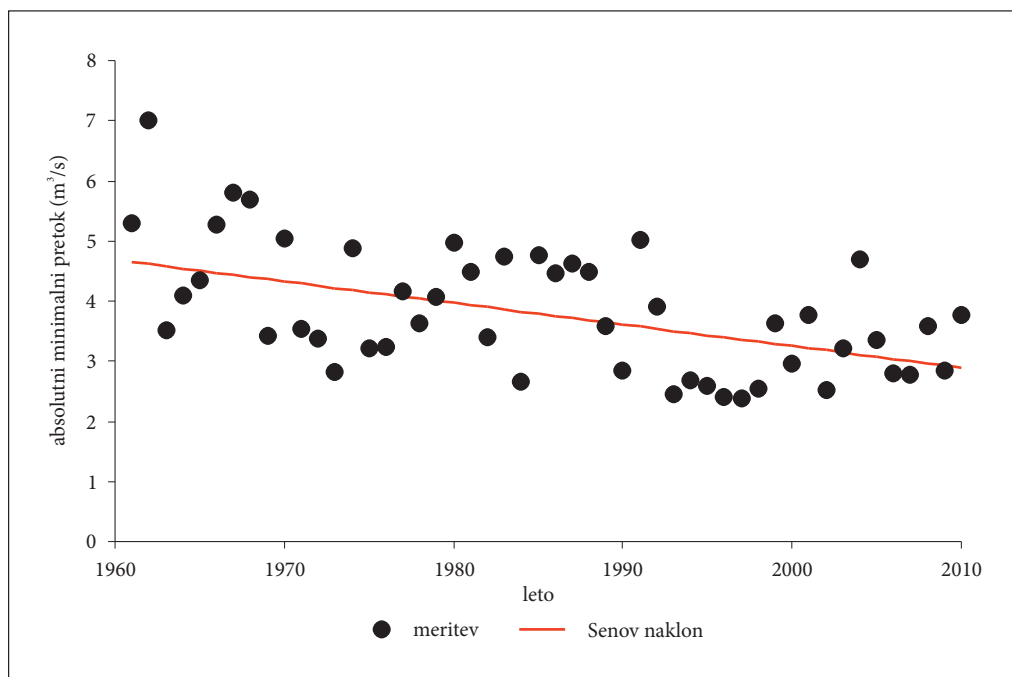
Z izjemo Save Bohinjke so se absolutni minimalni pretoki v obravnavanem obdobju (1961–2010) zmanjšali za 0,09 do 1,85 m³/s oziroma za 90 do 1850 l/s. V relativnem smislu beležijo Radovna, Mostnica, Kokra, Savinja in Koritnica upad od 15 do 25 %, pri Meži, Savi Dolinki (slika 2), Tržiški Bistrici, Kamniški Bistrici in Tolminki pa upad celo koleba med 35 in 40 %. Tako v absolutnem kot relativnem smislu beleži največji upad Meža pri v. p. Otiški Vrh I, katere absolutni minimalni pretok se je v obdobju od 1961 do 2010 zmanjšal za 1,85 m³/s oziroma za 39 %.

5.1.2 Povprečni srednji letni pretoki

Trendi povprečnih srednjih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 so na vseh dvanajstih vodotokih oziroma vodomernih postajah padajoči (preglednica 7, slika 3). Raven zaupanja je spremenljiva. Pri Meži, Mostnici in Kokri dosega ali presega 99 %, pri Savi Dolinki in Savi Bohinjki je 95 %, v vseh preostalih primerih (Radovna, Tržiška Bistrica, Kamniška Bistrica, Savinja, Soča, Koritnica in Tolminka) pa je le 90 % ali celo nižja.

Preglednica 6: Trendi absolutnih minimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010.

vodomerna postaja	vodotok	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
		Z	%	Q	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%
Otiški Vrh I	Meža	-4,07	99,9	-0,038	4,74	2,89	-1,85	-39,06
Jesenice (slika 2)	Sava Dolinka	-3,60	99,9	-0,036	4,65	2,89	-1,76	-37,84
Podhom	Radovna	-1,26	pod 90,0	-0,005	1,72	1,46	-0,26	-15,08
Sveti Janez	Sava Bohinjka	0,05	pod 90,0	0,000	0,81	0,81	0,00	-0,49
Stara Fužina II	Mostnica	-0,90	pod 90,0	-0,002	0,43	0,34	-0,09	-20,81
Preska	Tržiška Bistrica	-3,07	99,0	-0,018	2,50	1,61	-0,89	-35,67
Kokra I	Kokra	-1,82	90,0	-0,007	1,45	1,10	-0,35	-23,90
Kamnik I	Kamniška Bistrica	-3,51	99,9	-0,020	2,26	1,38	-0,88	-38,87
Nazarje	Savinja	-2,78	99,0	-0,018	3,67	2,78	-0,89	-24,21
Kobarid I	Soča	-0,15	pod 90,0	-0,002	7,81	7,70	-0,11	-1,42
Kal-Koritnica	Koritnica	-1,63	pod 90,0	-0,009	2,33	1,90	-0,43	-18,49
Tolmin	Tolminka	-1,84	90,0	-0,011	1,48	0,94	-0,54	-36,64



Slika 2: Trend absolutnih minimalnih letnih pretokov Save Dolinke pri vodomerni postaji Jesenice v obdobju od 1961 do 2010.

Srednji letni pretoki so se v obravnavanem obdobju zmanjšali za 0,39 do 4,33 m³/s. V relativnem smislu beleži večina vodotokov upad od 15 do 25 %, manj kot 10 % le Savinja in Tolminka. Absolutna trendna razlika povprečnih srednjih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 je največja na Soči pri v. p. Kobarid I, kjer je pretok upadel za 4,33 m³/s, največjo relativno trendno razliko pa beleži Mostnica pri v. p. Stara Fužina II, kjer je pretok upadel za 27,56 %.

5.1.3 Absolutni maksimalni letni pretoki

Trendi absolutnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 so na osmih vodotokih padajoči (Meža, Radovna, Sava Bohinjka, Mostnica (slika 4), Kokra, Kamniška Bistrica, Savinja in Koritnica), na preostalih štirih pa je trend naraščajoč (Sava Dolinka, Tržiška Bistrica, Soča in Tolminka) (preglednica 8). Raven zaupanja je nizka, saj na desetih obravnavanih vodotokih oziroma vodomer-nih postajah ne dosega niti 90 %. Izjemi sta Mostnica pri v. p. Stara Fužina II in Kamniška Bistrica pri v. p. Kamnik I z 99 % ravnijo zaupanja.

Absolutni maksimalni letni pretoki so se v obravnavanem obdobju (1961–2010) najbolj zmanjšali na Mostnici pri v. p. Stara Fužina II in sicer za 49,25 m³/s oziroma 57,4 % ter na Kamniški Bistrici pri v. p. Kamnik I za 58,57 m³/s oziroma 48,9 %. Nekoliko nižji delež trendnega upada beležijo Meža pri v. p. Otiški Vrh I (–29,94 m³/s oziroma –20,7 %), Kokra pri v. p. Kokra I (–21,57 m³/s oziroma –20,6 %), Radovna pri v. p. Podhom (–13,02 m³/s oziroma –17,0 %) in Sava Bohinjka pri v. p. Sveti Janez (–17,71 m³/s oziroma –16,7 %).

Manj kot 5 % relativnega upada absolutnih maksimalnih letnih pretokov beležita Savinja pri v. p. Nazarje (–11,76 m³/s oziroma –4,7 %) in Koritnica pri v. p. Kal-Koritnica (–2,81 m³/s oziroma –4,3 %), manj kot 10 % relativnega naraščanja pa Tolminka pri v. p. Tolmin (2,45 m³/s oziroma 3,2 %) in Sava Dolinka pri v. p. Jesenice (7,05 m³/s oziroma 9,8 %).

Absolutni maksimalni letni pretoki so se najbolj povečali na Tržiški Bistrici pri v. p. Preska za 17,67 m³/s oziroma 31,1 % in na Soči pri v. p. Kobarid I za 85,76 m³/s oziroma 21,3 %.

5.2 Podnebne spremenljivke

V okviru podnebnih spremenljivk smo obravnavali (preglednica 3): (1) trende povprečne letne temperature zraka, (2) trende letne količine padavin, (3) trende letnega števila dni s padavinami nad 0,1 mm in (4) trende letnega števila dni s snežno odejo.

5.2.1 Povprečna letna temperatura zraka

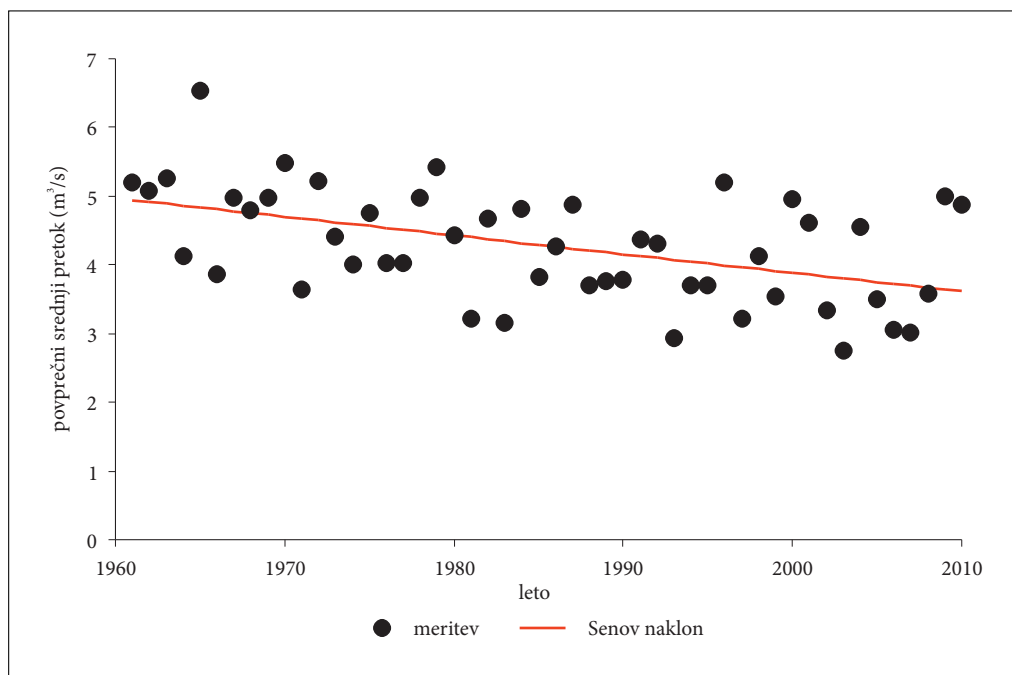
Trendi povprečne letne temperature zraka v obdobju od 1961 do 2010 so na vseh osmih obravnavanih temperaturnih postajah podobni in kažejo na izrazito naraščanje (preglednica 9, slika 5). Značilna je tudi izredno visoka raven zaupanja, ki je na sedmih temperaturnih postajah 99,9 % in le na temperaturni postaji Krvavec 95 %.

V obravnavanem obdobju (1961–2010) je temperatura na postajah Šmartno pri Slovenj Gradcu, Mozirje, Lesce, Planina pod Golico, Rateče (slika 5), Kredarica in Bovec v povprečju letno narasla od 0,030 do 0,038 °C, kar pomeni, da so se v zadnjega pol stoletja na omenjenih postajah temperature zvišale za 1,48–1,84 °C. Absolutna temperaturna razlika v obdobju od 1961 do 2010 je največja na postajah Šmartno pri Slovenj Gradcu in Rateče, kjer je temperatura narasla za 1,8 °C.

Nekoliko manjši temperaturni dvig beleži le temperaturna postaja Krvavec, kjer se je v obravnavanem polstoletnem obdobju temperatura zvišala za 0,9 °C.

Preglednica 7: Trendi povprečnih srednjih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010.

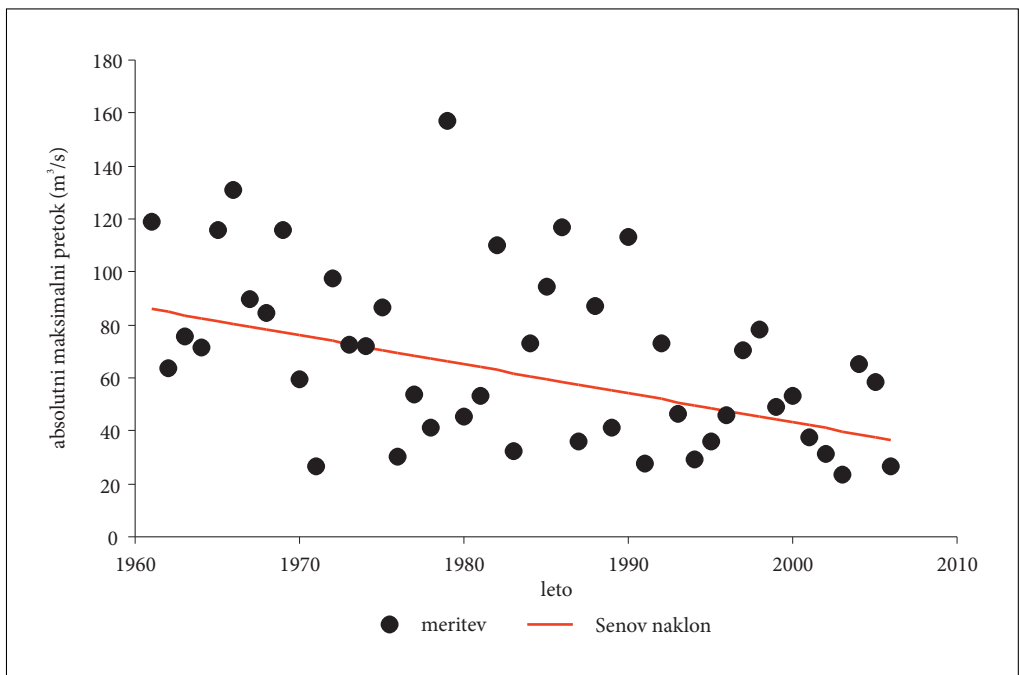
vodomerna postaja	vodotok	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
		Z	%	Q	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%
Otiški Vrh I	Meža	-2,89	99,0	-0,071	13,92	10,45	-3,47	-24,92
Jesenice	Sava Dolinka	-2,07	95,0	-0,051	11,78	9,29	-2,49	-21,14
Podhom	Radovna	-1,84	90,0	-0,028	8,71	7,35	-1,36	-15,58
Sveti Janez	Sava Bohinjka	-2,05	95,0	-0,033	8,90	7,26	-1,64	-18,44
Stara Fužina II	Mostnica	-3,02	99,0	-0,023	3,70	2,68	-1,02	-27,56
Preska	Tržiška Bistrica	-1,72	90,0	-0,019	5,28	4,35	-0,93	-17,60
Kokra I (slika 3)	Kokra	-3,45	99,9	-0,027	4,94	3,61	-1,33	-26,98
Kamnik I	Kamniška Bistrica	-1,78	90,0	-0,027	7,98	6,78	-1,20	-15,07
Nazarje	Savinja	-1,04	pod 90,0	-0,029	17,26	15,82	-1,44	-8,32
Kobarid I	Soča	-1,24	pod 90,0	-0,088	34,67	30,34	-4,33	-12,50
Kal-Koritnica	Koritnica	-1,76	90,0	-0,026	7,74	6,47	-1,27	-16,38
Tolmin	Tolminka	-0,80	pod 90,0	-0,008	7,77	7,38	-0,39	-5,00



Slika 3: Trend povprečnih srednjih letnih pretokov Kokre pri vodomerni postaji Kokra I v obdobju od 1961 do 2010.

Preglednica 8: Trendi absolutnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010.

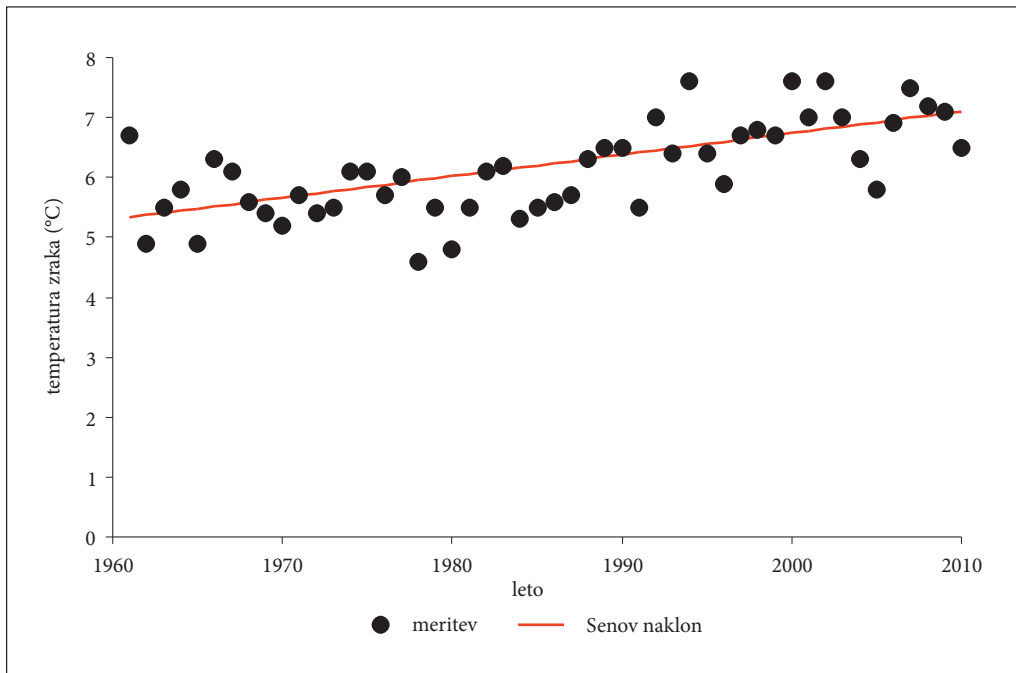
vodomerna postaja	vodotok	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
		Z	%	Q	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%
Otiški Vrh I	Meža	-1,21	pod 90,0	-0,611	144,86	114,92	-29,94	-20,67
Jesenice	Sava Dolinka	0,38	pod 90,0	0,144	71,79	78,84	7,05	9,81
Podhom	Radovna	-1,24	pod 90,0	-0,266	76,57	63,55	-13,02	-17,01
Sveti Janez	Sava Bohinjka	-0,95	pod 90,0	-0,361	106,03	88,32	-17,71	-16,70
Stara Fužina II (slika 4)	Mostnica	-3,16	99,0	-1,095	85,88	36,63	-49,25	-57,35
Preska	Tržiška Bistrica	1,26	pod 90,0	0,361	56,80	74,47	17,67	31,11
Kokra I	Kokra	-1,15	pod 90,0	-0,440	104,64	83,07	-21,57	-20,62
Kamniki I	Kamniška Bistrica	-3,22	99,0	-1,302	119,80	61,23	-58,57	-48,89
Nazarje	Savinja	-0,38	pod 90,0	-0,240	248,84	237,08	-11,76	-4,73
Kobarid I	Soča	1,56	pod 90,0	1,750	403,63	489,38	85,76	21,25
Kal-Koritnica	Koritnica	-0,17	pod 90,0	-0,057	65,43	62,62	-2,81	-4,30
Tolmin	Tolminka	0,13	pod 90,0	0,050	76,65	79,10	2,45	3,20



Slika 4: Trend absolutnih maksimalnih letnih pretokov Mostnice pri vodomerni postaji Stara Fužina II v obdobju od 1961 do 2010.

Preglednica 9: Trendi povprečnih letnih temperatur v obdobju od 1961 do 2010.

temperaturna postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
	Z	%	Q	°C	°C	°C	%
Šmartno pri Slovenj Gradcu	5,26	99,9%	0,038	7,20	9,04	1,84	25,56
Mozirje	4,53	99,9%	0,036	8,54	10,28	1,74	20,37
Krvavec	2,33	95,0%	0,019	2,79	3,72	0,93	33,33
Lesce	4,79	99,9%	0,034	7,53	9,20	1,67	22,18
Planina pod Golico	4,43	99,9%	0,030	5,65	7,13	1,48	26,19
Rateče (slika 5)	4,98	99,9%	0,036	5,34	7,10	1,76	32,96
Kredarica	4,09	99,9%	0,031	-2,17	-1,17	1,00	46,08
Bovec	4,63	99,9%	0,032	8,83	10,42	1,59	18,01



Slika 5: Trend povprečnih letnih temperatur na temperaturni postaji Rateče v obdobju od 1961 do 2010.

5.2.2 Letna količina padavin

V nasprotju s temperaturnimi trendi, ki kažejo naraščanje, so trendi letne količine padavin v obdobju od 1961 do 2010 na devetih od dvanajstih obravnavanih padavinskih postajah padajoči (preglednica 10, slika 6). Raven zaupanja je zelo skromna, saj kar na devetih postajah ne dosega niti 90 %. Na postajah Solčava in Rateče dosega 90 %, na postaji Podljubelj pa 99,9 %.

V obravnavanem obdobju (1961–2010) je količina letnih padavin na petih postajah (Solčava, Podljubelj (slika 6), Javorniški Rovt, Rateče in Bohinjska Bistrica) v povprečju letno upadla od 4 do 9 mm, kar pomeni, da se je v zadnjega pol stoletja na omenjenih postajah količina padavin znižala za 185–465 mm oziroma za 10–23 %. Absolutna razlika količine padavin je največja na postaji Podljubelj, kjer je količina padavin upadla za 465,4 mm oziroma 23,3 %.

Nekoliko nižji upad letne količine padavin beleži postaja Koprivna (–77,9 mm oziroma –5,1 %), na postajah Mislinja, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Podpeca in Kamniška Bistrica pa so opazni le rahli trendni odkloni v negativni ali pozitivni smeri.

Naraščajoči trend letne količine padavin v obdobju 1961–2010 imata postaji Kredarica (+193,12 mm) in Soča (+242,11 mm). Pri obeh postajah se je v petdesetih letih količina padavin povečala za približno 10 %.

5.2.3 Letno število dni s padavinami nad 0,1 mm

Letno število dni s padavinami nad 0,1 mm je v obdobju od 1961 do 2010 na šestih padavinskih postajah naraslo in na šestih upadlo (preglednica 11, slika 7). Raven zaupanja je močno spremenljiva: na sedmih postajah ne dosega niti 90 %, na postajah Šmartno pri Slovenj Gradcu in Bohinjska Bistrica dosega 95 %, na postajah Podpeca, Koprivna in Kamniška Bistrica pa je 99,0 ali 99,9 %.

Pri večini padavinskih postaj (Mislinja, Solčava, Podljubelj, Javorniški Rovt, Rateče, Kredarica in Soča) so negativna ali pozitivna trendna odstopanja manjša in ne dosegajo 10 %. Upadanje letnega števila dni s padavinami nad 0,1 mm je izrazitejše le na postajah Podpeca (–20,6 dni oziroma –13,3 %) in Šmartno pri Slovenj Gradcu (–17,6 dni oziroma –11,6 %), naraščanje letnega števila dni s padavinami nad 0,1 mm pa je največje na postajah Kamniška Bistrica (39,4 dni oziroma 30,7 %), Koprivna (27,0 dni oziroma 23,4 %) in Bohinjska Bistrica (19,8 dni oziroma 16,7 %).

5.2.4 Število dni s snežno odejo

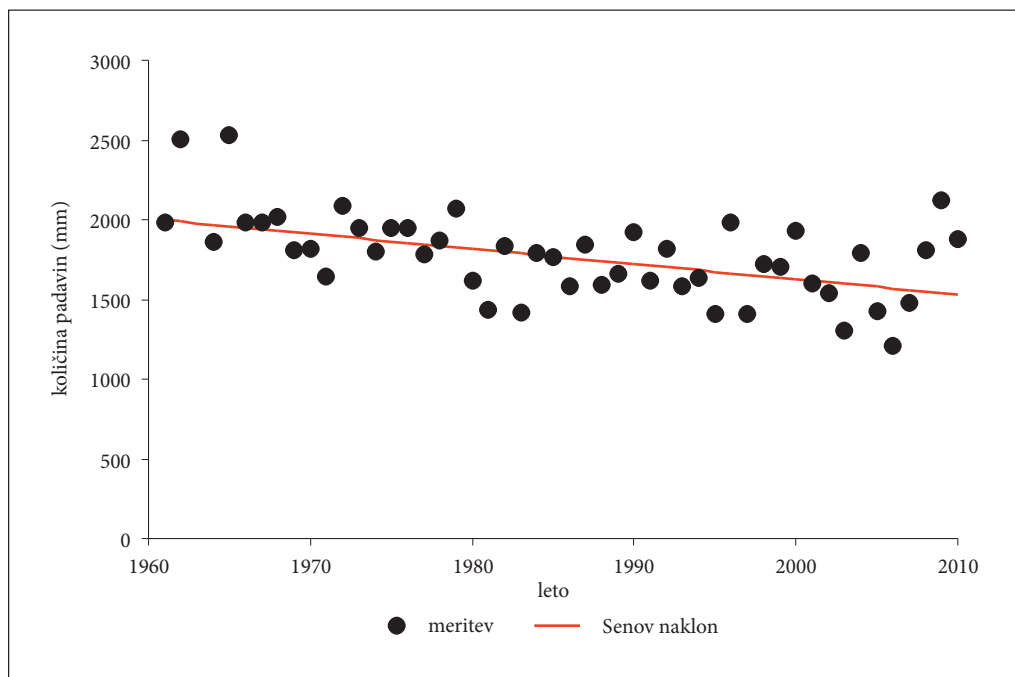
Število dni s snežno odejo se je v obravnavanem obdobju od 1961 do 2010 na enajstih padavinskih postajah od dvanajstih močno zmanjšalo (preglednica 12, slika 8). Edina izjema je visokogorska padavinska postaja na Kredarici, ki beleži celo rahlo naraščanje snežnih dni. Raven zaupanja je spremenljiva, a bistveno boljša od ravni zaupanja pri letnem številu dni s padavinami nad 0,1 mm. Na treh postajah (Rateče, Bohinjska Bistrica in Kredarica) ne presega 90 %, na šestih postajah (Mislinja, Podpeca, Koprivna, Kamniška Bistrica, Podljubelj, Soča) je 95 %, na preostalih treh postajah (Šmartno pri Slovenj Gradcu, Solčava in Javorniški Rovt) pa vsaj 99 %.

V obravnavanem petdesetletnem obdobju se je število dni s snežno odejo na enajstih padavinskih postajah s padajočim trendom zmanjšalo za 23 do 50 dni oziroma za 16 do 49 %. Za več kot dvajset dni letno se je obdobje s snežno odejo skrajšalo na postajah Koprivna, Rateče in Bohinjska Bistrica, za več kot trideset dni na postajah Mislinja, Podpeca, Podljubelj in Soča ter za več kot štirideset dni na postajah Šmartno pri Slovenj Gradcu, Solčava, Kamniška Bistrica in Javorniški Rovt (slika 8). Absolutna negativna razlika v številu dni s snežno odejo je največja na postaji Javorniški Rovt, kjer je število snežnih dni upadlo za 50, relativna negativna razlika pa je največja na postaji Kamniška Bistrica, kjer se je število dni s snežno odejo zmanjšalo za 49,4 %.

Na Kredarici, ki je edina padavinska postaja s pozitivnim trendom, se je število dni s snežno odejo v obdobju 1961–2010 povečalo za 6 oziroma za 2,2 %.

Preglednica 10: Trendi letnih količin padavin v obdobju od 1961 do 2010.

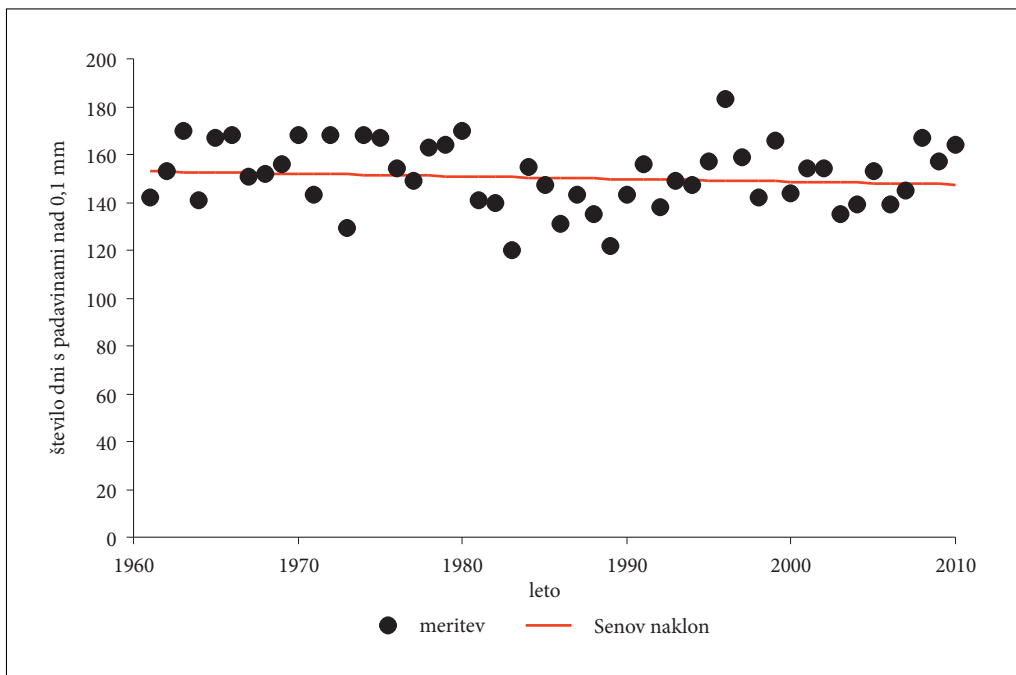
padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
	Z	%	Q	mm	mm	mm	%
Mislinja	-0,38	pod 90,0%	-0,533	1247,73	1221,60	-26,13	-2,09
Šmartno pri Slovenj Gradcu	0,30	pod 90,0%	0,665	1154,44	1166,60	12,16	1,05
Podpeca	-0,18	pod 90,0%	-0,325	1431,45	1415,53	-15,92	-1,11
Koprivna	-0,94	pod 90,0%	-1,589	1536,62	1458,76	-77,86	-5,07
Solčava	-1,94	90,0%	-4,007	1639,02	1442,66	-196,36	-11,98
Kamniška Bistrica	-0,29	pod 90,0%	-1,389	2134,87	2066,82	-68,05	-3,19
Podljubelj (slika 6)	-3,82	99,9%	-9,499	1996,67	1531,23	-465,44	-23,31
Javorniški Rovt	-1,27	pod 90,0%	-4,335	2040,56	1828,15	-212,41	-10,41
Rateče	-1,90	90,0%	-3,808	1613,03	1426,47	-186,56	-11,57
Bohinjska Bistrica	-1,37	pod 90,0%	-5,873	2201,11	1913,32	-287,79	-13,07
Kredarica	1,39	pod 90,0%	3,941	1937,87	2130,99	193,12	9,97
Soča	0,97	pod 90,0%	4,941	2299,70	2541,81	242,11	10,53



Slika 6: Trend letne količine padavin na padavinski postaji Podljubelj v obdobju od 1961 do 2010.

Preglednica 11: Trendi števila dni s padavinami na leto v obdobju od 1961 do 2010.

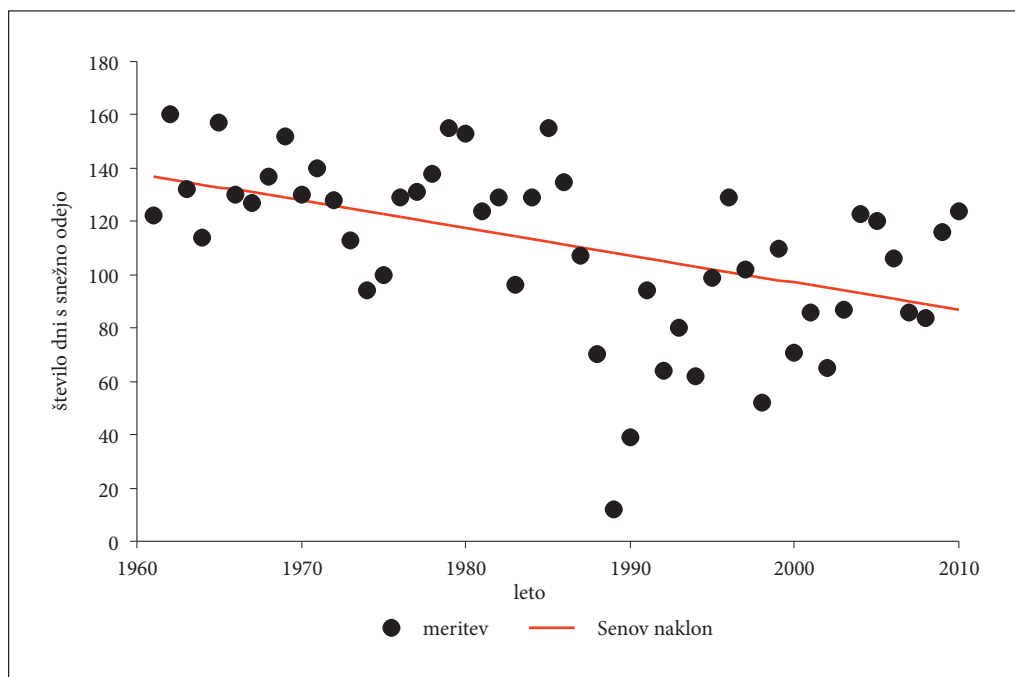
padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
	Z	%	Q	število dni	število dni	število dni	%
Mislinja	-1,57	pod 90,0%	-0,207	139,22	129,09	-10,13	-7,28
Šmartno pri Slovenj Gradcu	-2,29	95,0%	-0,359	151,55	133,96	-17,59	-11,61
Podpeca	-2,64	99,0%	-0,421	155,58	134,95	-20,63	-13,26
Koprivna	3,71	99,9%	0,550	115,00	141,95	26,95	23,43
Solčava (slika 7)	-0,90	pod 90,0%	-0,111	152,94	147,50	-5,44	-3,56
Kamniška Bistrica	3,81	99,9%	0,803	128,30	167,66	39,36	30,67
Podljubelj	-0,19	pod 90,0%	-0,011	153,01	152,48	-0,53	-0,35
Javorniški Rovt	-0,18	pod 90,0%	0,000	160,00	160,00	0,00	0,00
Rateče	0,53	pod 90,0%	0,061	145,67	148,64	2,97	2,04
Bohinjska Bistrica	2,36	95,0%	0,403	118,00	137,75	19,75	16,74
Kredarica	0,85	pod 90,0%	0,179	168,88	177,63	8,76	5,18
Soča	-1,47	pod 90,0%	-0,167	142,83	134,67	-8,16	-5,72



Slika 7: Trend števila dni s padavinami na leto na padavinski postaji Solčava v obdobju od 1961 do 2010.

Preglednica 12: Trendi števila dni s snežno odejo na leto v obdobju od 1961 do 2010.

padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2010	trendna razlika 1961–2010	trendna razlika 1961–2010
	Z	%	Q	število dni	število dni	število dni	%
Mislinja	-2,54	95,0%	-0,698	109,70	75,51	-34,19	-31,17
Šmartno pri Slovenj Gradcu	-3,23	99,0%	-0,919	98,31	53,28	-45,03	-45,80
Podpeca	-2,49	95,0%	-0,640	121,88	90,52	-31,36	-25,73
Koprivna	-2,32	95,0%	-0,583	140,67	112,08	-28,59	-20,32
Solčava	-2,80	99,0%	-0,840	102,76	61,60	-41,16	-40,05
Kamniška Bistrica	-2,53	95,0%	-0,842	83,50	42,24	-41,26	-49,41
Podljubelj	-2,04	95,0%	-0,709	96,49	63,00	-33,49	-34,71
Javorniški Rovt (slika 8)	-3,72	99,9%	-1,025	137,01	86,79	-50,22	-36,66
Rateče	-1,92	90,0%	-0,474	143,05	119,84	-23,21	-16,23
Bohinjska Bistrica	-1,52	pod 90,0%	-0,603	99,31	69,78	-29,53	-29,74
Kredarica	0,66	pod 90,0%	0,118	261,85	267,62	5,77	2,20
Soča	-2,26	95,0%	-0,677	91,19	58,00	-33,19	-36,40



Slika 8: Trend števila dni s snežno odejo na leto na padavinski postaji Javorniški Rovt v obdobju od 1961 do 2010.

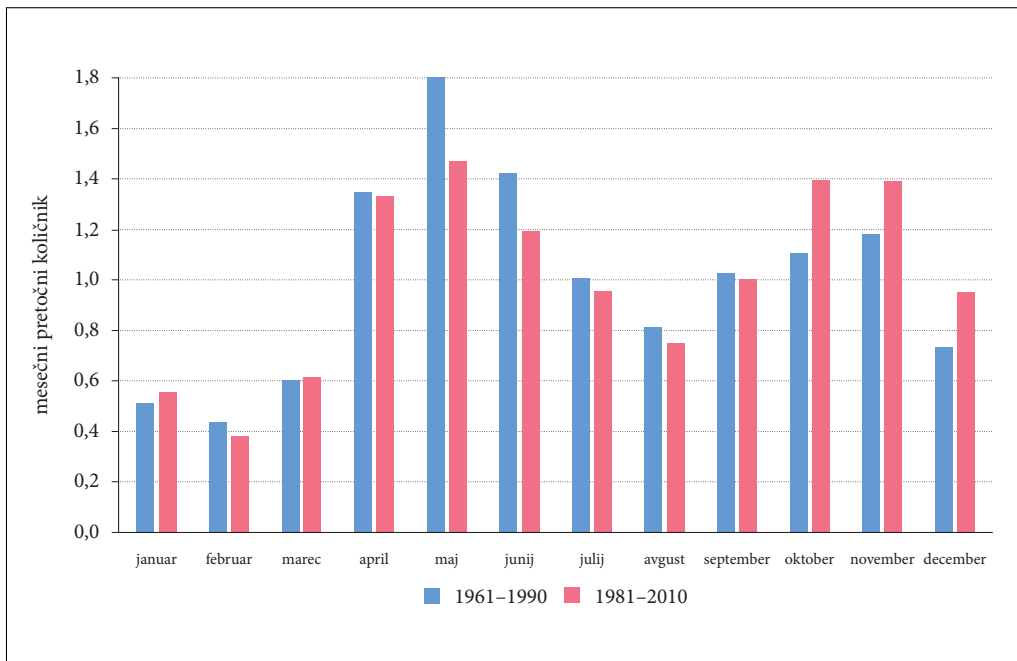
5.3 Pretočni režimi

Temperaturne in padavinske spremembe ne vplivajo samo na vodne količine povprečnih ter absolutnih minimalnih in maksimalnih pretokov temveč pomembno vplivajo tudi na spreminjanje pretočnih režimov (Hrvatin 1998; Frantar 2005; Frantar in Hrvatin 2005). Med obravnavanimi podnebnimi kazalniki se zdijo še posebej pomembne spremembe v številu dni s snežno odejo, ki močno prizadenejo vse pretočne režime z izrazito snežno komponento.

Ob razvrščanju pretočnih režimov na temelju podatkovnega niza od 1961 do 1990 (Hrvatin 1998, 86) so se Sava Dolinka, Radovna, Sava Bohinjka, Mostnica, Kamniška Bistrica, Soča (pri v. p. Kobarid), Koritnica in Tolminka uvrstile med reke z alpskim visokogorskim snežno-dežnim režimom, Meža, Tržiška Bistrica, Kokra in Savinja (pri v. p. Nazarje) pa med reke z alpskim sredogorskim snežno-dežnim režimom. Pri rekah z alpskim visokogorskim snežno-dežnim režimom je glavni pretočni višek nastopil maja ali junija, drugotni višek pa novembra. Glavni nižek je bil februarja ali januarja, drugotni pa avgusta. Reke z alpskim sredogorskim snežno-dežnim režimom so imele glavni pretočni višek aprila ali izjemoma maja in drugotnega v novembru. Zimski (februarski ali januarski) in poletni (avgustovski) nižek sta bila izenačena.

Primerjava pretočnih režimov na temelju podatkovnega niza od 1961 do 1990 s pretočnimi režimi na temelju podatkovnega niza od 1981 do 2010 je pokazala predvsem naslednje razlike (preglednica 13, slika 9):

- spomladanski (glavni) in jesenski (drugotni) pretočni višek sta skoraj izenačena,
- zimski (glavni) in poletni (drugotni) pretočni nižek postajata bolj izrazita,
- decembrske vode močno naraščajo in so blizu letnega povprečja ali ga celo presegajo ter kažejo na »zamuhanje« zime.



Slika 9: Sprememba pretočnega režima Radovne na vodomerni postaji Podhom med obdobjema 1961–1990 in 1981–2010.

Preglednica 13: Mesečni pretočni količniki v obdobju 1961–1990 in 1981–2010 ter stopnja povezanosti med obema nizoma na podlagi Pearsonovega koeficienta korelacije (modro – glavni in drugotni nižek, rumena – glavni in drugotni višek).

vodomerne postaja	vodotok	niz	jan.	feb.	mar.	apr.	maj	jun.	jul.	avg.	sep.	okt.	nov.	dec.	Pearsonov koeficient korelacije
Otiški Vrh I	Meža	1961–1990	0,66	0,73	1,07	1,53	1,20	1,10	1,01	0,75	0,93	1,00	1,17	0,86	0,82
		1981–2010	0,80	0,68	1,03	1,34	1,03	0,98	0,90	0,81	0,95	1,07	1,27	1,14	
Jesenice	Sava Dolinka	1961–1990	0,64	0,56	0,63	1,05	1,42	1,43	1,21	0,97	1,02	1,06	1,16	0,88	0,87
		1981–2010	0,76	0,60	0,66	0,99	1,22	1,20	1,09	0,90	0,94	1,21	1,35	1,06	
Podhom (slika 9)	Radovna	1961–1990	0,51	0,44	0,60	1,35	1,80	1,42	1,01	0,81	1,03	1,11	1,18	0,74	0,90
		1981–2010	0,56	0,38	0,62	1,33	1,47	1,19	0,96	0,75	1,00	1,39	1,39	0,95	
Sveti Janez	Sava Bohinjka	1961–1990	0,39	0,30	0,40	1,09	2,27	1,85	1,02	0,78	1,09	1,03	1,20	0,58	0,94
		1981–2010	0,42	0,24	0,44	1,07	2,04	1,50	0,93	0,67	1,14	1,43	1,37	0,77	
Stara Fužina II	Mostnica	1961–1990	0,54	0,48	0,75	1,50	1,80	1,32	0,77	0,73	1,00	1,04	1,38	0,69	0,87
		1981–2010	0,55	0,32	0,71	1,41	1,45	1,16	0,84	0,72	1,09	1,53	1,36	0,84	
Preska	Tržiška Bistrica	1961–1990	0,77	0,73	0,83	1,25	1,27	1,11	0,95	0,90	1,05	1,03	1,17	0,93	0,88
		1981–2010	0,81	0,66	0,83	1,22	1,14	1,05	0,92	0,83	0,97	1,17	1,31	1,07	
Kokra I	Kokra	1961–1990	0,80	0,67	0,80	1,36	1,34	1,19	0,92	0,73	0,85	1,06	1,29	0,98	0,87
		1981–2010	0,78	0,58	0,80	1,25	1,17	1,04	0,86	0,70	0,86	1,18	1,51	1,26	
Kammik I	Kamniška Bistrica	1961–1990	0,70	0,69	0,76	1,12	1,45	1,46	1,08	0,76	0,86	1,06	1,22	0,84	0,90
		1981–2010	0,74	0,56	0,79	1,05	1,35	1,30	0,96	0,73	0,88	1,26	1,41	0,97	
Nazarje	Savinja	1961–1990	0,72	0,70	0,96	1,48	1,40	1,18	0,86	0,66	0,83	1,03	1,25	0,92	0,83
		1981–2010	0,72	0,55	0,92	1,37	1,17	1,00	0,80	0,69	0,94	1,24	1,40	1,19	
Kobarid I	Soča	1961–1990	0,58	0,52	0,66	1,20	1,69	1,48	0,98	0,75	0,99	1,10	1,28	0,79	0,90
		1981–2010	0,63	0,44	0,61	1,13	1,53	1,23	0,91	0,65	1,02	1,41	1,44	1,01	
Kal-Koritnica	Koritnica	1961–1990	0,62	0,59	0,66	1,07	1,80	1,79	1,25	0,87	0,83	0,84	0,90	0,80	0,95
		1981–2010	0,73	0,66	0,69	0,96	1,61	1,51	1,14	0,82	0,83	1,02	1,15	0,89	
Tolmin	Tolminka	1961–1990	0,58	0,52	0,66	1,14	1,84	1,60	0,89	0,64	0,90	1,13	1,33	0,77	0,95
		1981–2010	0,61	0,47	0,64	1,09	1,71	1,35	0,80	0,60	1,05	1,29	1,50	0,89	

Intenziteto sprememb mesečnih pretočnih količnikov posameznih rek med tridesetletnima obdobjema 1961–1990 in 1981–2010 smo ugotavljali s Pearsonovim koeficientom korelacije (preglednica 13). Rezultati kažejo, da je stopnja povezanosti med obema nizoma pri Meži, Savi Dolinki, Mostnici, Tržiški Bistrici, Kokri in Savinji visoka (koeficienti od 0,82 do 0,88), pri Radovni, Savi Bohinjki, Kamniški Bistrici, Soči, Koritnici in Tolminki pa zelo visoka (koeficienti od 0,90 do 0,95). Najnižje vrednosti Pearsonovih koeficientov korelacije smo ugotovili pri mesečnih pretočnih količnikih Meže (0,82) in Savinje (0,83), najvišje pa pri Koritnici in Tolminki (0,95). Ob tem je treba pripomniti, da smo petdesetletno obdobje od 1961 do 2010 razdelili na dva tridesetletna hidrološka niza (1961–1990 in 1981–2010), kar pomeni, da je tretjina podatkov (za obdobje 1981–1990) pri obeh nizih popolnoma enaka.

5.4 Raba tal

Med dejavnike, ki jih je treba upoštevati pri hidrološki analizi izbrane pokrajine, spadajo poleg kritične ocene podatkov, še analize sprememb količin podzemne vode, podnebnih dejavnikov, porabe vode in rabe tal (Bat in Uhan 2004, 126). V zadnjih desetletjih je ravno raba tal podvržena hitrim in obsežnim spremembam. Petek (2005, 113) je med preučevanjem sprememb rabe tal v slovenskem alpskem svetu ugotovil, da so bile razmere leta 1953 podobne tistim iz začetka 20. stoletja, leta 1979 pa je zemljiški kataster zaznal že močno upadanje deleža njiv, travnikov in pašnikov, kar je bila posledica industrializacije in prehoda kmetij na proizvodnjo za trg (Petek 2005, 116). Do leta 1999 se je delež njiv, travnikov in pašnikov dodatno zmanjšal, vendar manj kot v predhodnem primerjalnem obdobju (Petek 2005, 119).

Petek (2005, 119) je ob tem opozoril, da je dejansko zmanjšanje površin kmetijskih zemljišč težko določiti zaradi dejstva, da se podatki v zemljiškem katastru ne obnavljajo redno in so v vse večjem zaostanku. Upoštevani podatki za leto 2017 zato niso več iz zemljiškega katastra, temveč so pridobljeni iz evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč na GIS portalu Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (Grafični ... 2017), ki se redno obnavlja vsake tri mesece in na ta način redno spremlja spremembe v rabi tal. Velika razlika v deležu gozda med letoma 1999 in 2017 torej ni samo posledica sprememb v rabi tal, temveč je hkrati tudi posledica spremenjene oziroma izboljšane metodologije zajemanja podatkov.

Med množico sprememb različnih zemljiških kategorij posebej izstopajo spremembe deleža gozdnih zemljišč (preglednica 14). Kmalu po drugi svetovni vojni je gozd pokrival le slabo polovico površja slovenskega alpskega sveta, danes pa njegov delež že presega sedem desetih površja. Najbolj gozdnate so Vzhodne Karavanke, kjer gozd prekriva skoraj devet desetih vseh zemljišč. Več kot tri četrtine površja zavzema gozd v Savinjskih Alpah, več kot sedem desetih površja pa v Zahodnih Karavankah in Savskih Julijskih Alpah. Še najmanj gozda je v Soških Julijskih Alpah, kjer bo kmalu dosegel mejo dveh tretjin.

Preglednica 14: Spreminjanje deleža gozda po alpskih enotah Slovenije v obdobju od 1953 do 2017 (po zemljiškem katastru, ** po evidenci dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč; Grafični ... 2017).*

del alpskega sveta	1953*	1979*	1999*	2017**
	%	%	%	%
Soške Julijske Alpe	28,7	34,4	39,8	65,2
Savske Julijske Alpe	51,1	54,5	57,0	71,6
Zahodne Karavanke	54,4	58,8	60,7	73,0
Vzhodne Karavanke	52,7	76,4	77,3	88,1
Kamniške Alpe	57,0	60,6	61,0	68,3
Savinjske Alpe	48,9	64,3	64,4	77,9
alpski svet skupaj	46,0	52,6	55,1	71,1

Delež gozdnih zemljišč je zelo pomemben tudi s hidrološkega vidika, saj lahko drevesa s prestrežanjem padavin in transpiracijo bistveno zmanjšajo količino vode, ki doseže podtalnico ali površinske vodotoke. Prestrežanje, oziroma zadrževanje in izhlapevanje vode iz drevesnih krošenj, lahko zadrži od 6 do 93 % padavin (Smolej 1988, 194), v vegetacijski dobi pa je v gozdnatih pokrajinah treba upoštevati vpliv transpiracije zaradi katere se letne izgube padavinske vode gibljejo od 200 do 300 mm (Smolej 1988, 198).

6 Sklep

Poglavitna spoznanja o spremembah izbranih hidroloških in podnebnih spremenljivk v obdobju med letoma 1961 in 2010 približno sovpadajo s predstavljenimi trendi drugih avtorjev in jih lahko strnemo takole:

- Trendi absolutnih minimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 so pri desetih alpskih rekah od dvanajstih izrazito padajoči. Trendna razlika je skromna le na Savi Bohinjki in Soči, na vseh preostalih vodotokih pa presega vsaj 15 %. Absolutni minimalni pretoki so se zmanjšali za 0,09 do 1,85 m³/s, v relativnem smislu pa beleži večina vodotokov upad od 15 do 39 %.
- Trendi povprečnih srednjih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 so na vseh dvanajstih alpskih rekah padajoči. Pretoki so se zmanjšali za 0,39 do 4,33 m³/s, v relativnem smislu pa beleži večina vodotokov upad od 15 do 25 %, manj kot 10 % le Tolminka in Savinja.
- Trendi absolutnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2010 so na osmih alpskih rekah padajoči, na štirih rekah pa je trend naraščajoč. Med rekami z negativnim trendom so se pretoki najbolj zmanjšali na Mostnici (–57 %) in Kamniški Bistrici (–49 %), med rekami s pozitivnim trendom pa so se pretoki najbolj povečali na Tržiški Bistrici (31 %) in Soči (21 %).
- Povprečna letna temperatura zraka je v obdobju od 1961 do 2010 na sedmih temperaturnih postajah letno narasla od 0,030 do 0,038 °C, kar pomeni, da so se v petdesetih letih na teh postajah temperature zvišale za 1,48–1,84 °C. Nekoliko manjši temperaturni dvig beleži le temperaturna postaja Krvavec, kjer se je temperatura zvišala za 0,93 °C.
- Letna količina padavin se je v obdobju od 1961 do 2010 na devetih od dvanajstih alpskih padavinskih postaj zmanjšala. Na petih postajah z največjim upadanjem se je količina padavin v povprečju letno zmanjšala od 4 do 9 mm, kar pomeni, da se je v zadnjega pol stoletja na omenjenih postajah količina padavin znižala za 185–465 mm oziroma za 10–23 %. Naraščajoči trend letne količine padavin imata postaji Kredarica in Soča. Pri obeh se je v petdesetih letih količina padavin povečala za približno 10 %.
- Letno število dni s padavinami nad 0,1 mm je v obdobju od 1961 do 2010 na šestih padavinskih postajah naraslo in na šestih upadlo. Pri večini padavinskih postaj so negativna ali pozitivna trendna odstopanja manjša in ne dosegajo 10 %. Upadanje je izrazitejše le na postajah Podpeca (–13,3 %) in Šmartno pri Slovenj Gradcu (–11,6 %), naraščanje pa je največje na postajah Kamniška Bistrica (30,7 %), Koprivna (23,4 %) in Bohinjska Bistrica (16,7 %).
- Število dni s snežno odejo se je v obdobju od 1961 do 2010 na enajstih alpskih padavinskih postajah od dvanajstih zmanjšalo za 23–50 dni oziroma za 16–49 %. Edina izjema je visokogorska padavinska postaja na Kredarici, kjer se je število dni s snežno odejo povečalo za 6 oziroma za 2,2 %.
- Primerjava pretočnih režimov na temelju podatkovnega niza od 1961 do 2010 s pretočnimi režimi na temelju podatkovnega niza od 1961 do 1990 kaže, da postajata spomladanski (glavni) in jesenski (drugotni) pretočni višek vse bolj izenačena, da postajata zimski (glavni) in poletni (drugotni) pretočni nižek vse bolj izrazita ter da posebej močno naraščajo decembrske vode, kar kaže na »zamuhanje« zime.
- Več kot sedem desetin površja slovenskega alpskega sveta prekriva gozd, ki s prestrežanjem padavin in transpiracijo bistveno zmanjšuje količino vode, ki doseže podtalnico in površinske vodotoke.

Zahvala: Raziskava je bila izvedena v okviru temeljnega raziskovalnega projekta »Prožnost alpskih pokrajin z vidika naravnih nesreč« (J6-6853) in raziskovalnega programa »Geografija Slovenije« (P6-0101), ki ju financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

7 Viri in literatura

- Arhiv hidroloških podatkov. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2017. Medmrežje: <http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/>; http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html (21. 4. 2017).
- Arhiv meteoroloških podatkov. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2017. Medmrežje: <http://meteo.arso.gov.si/> (21. 4. 2017).
- Arnell, N. W., Gosling, S. N. 2013: The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *Journal of Hydrology* 486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.02.010>
- Bat, M., Uhan, J. 2004: Vode. Narava Slovenije. Ljubljana.
- Bezak, N., Brilly, M., Šraj, M. 2016: Flood frequency analyses, statistical trends and seasonality analyses of discharge data: a case study of the Litija station on the Sava River. *Journal of Flood Risk Management* 9-2. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfr3.12118>
- Birsan, M.-V., Molnar, P., Burlando, P., Pfaundler, M. 2005: Streamflow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology* 314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2005.06.008>
- Bocchiola, D. 2014: Long term (1921–2011) hydrological regime of Alpine catchments in Northern Italy. *Advances in Water Resources* 70. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.04.017>
- Bormann, H. 2010: Runoff regime changes in German rivers due to climate change. *Erdkunde* 64-3. DOI: <https://doi.org/10.3112/erdkunde.2010.03.04>
- ClimateChangePost: Slovenia. Medmrežje: <https://www.climatechangepost.com/slovenia/climate-change/> (8. 8. 2017).
- Čanjevec, I., Orešič, D. 2018: Changes in discharge regimes of rivers in Croatia. *Acta geographica Slovenica* 58-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.2004>
- De Luis, M., Čufar, K., Saz, M. A., Longares, L. A., Ceglar, A., Kajfež-Bogataj, L. 2014: Trends in seasonal precipitation and temperature in Slovenia during 1951–2007. *Regional Environmental Change* 14-5. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0365-7>
- Dolinar, M. (ur.) 2010: Spremenljivost podnebja v Sloveniji. Ljubljana.
- Dolinar, M., Vertačnik, G. 2010: Spremenljivost temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji. Okolje se spreminja: Podnebna spreminljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje. Ljubljana.
- Frantar, P. 2005: Pretočni režimi slovenskih rek in njihova spreminljivost. *Ujma* 19.
- Frantar, P., Hrvatin, M. 2005: Pretočni režimi v Sloveniji med letoma 1971 in 2000. *Geografski vestnik* 77-2.
- Frantar, P., Kobold, M., Ulaga, F. 2008: Trend pretokov. *Vodna bilanca Slovenije 1971–2000*. Ljubljana.
- Gabrovec, M., Hrvatin, M., Komac, B., Ortar, J., Pavšek, M., Topole, M., Triglav Čekada, M., Zorn, M. 2014: Triglavski ledenik. *Geografija Slovenije* 30. Ljubljana.
- Goler, R. A., Frey, S., Formayer, H., Holzmann, H. 2016: Influence of climate change on river discharge in Austria. *Meteorologische Zeitschrift* 25-5. DOI: <https://doi.org/10.1127/metz/2016/0562>
- Grafični podatki RABA za celo Slovenijo. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Ljubljana, 2017. Medmrežje: <http://rkg.gov.si/GERK/> (21. 2. 2017).
- Hrvatin, M. 1998: Pretočni režimi v Sloveniji. *Geografski zbornik* 38.
- Hrvatin, M., Zorn, M. 2017: Trendi temperatur in padavin ter trendi pretokov rek v Idrijskem hribovju. *Geografski vestnik* 89-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV89101>
- Janža, M. 2013: Impact assessment of projected climate change on the hydrological regime in the SE Alps, Upper Soča River basin, Slovenia. *Natural Hazards* 67-3. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9892-7>

- Kajfež-Bogataj, L. 2006: Podnebne spremembe in nacionalna varnost. *Ujma* 20.
- Kajfež-Bogataj, L., Pogačar, T., Cegljar, A., Črepinšek, Z. 2010: Spremembe agro-klimatskih spremenljivk v Sloveniji v zadnjih desetletjih. *Acta agriculturae Slovenica* 95-1.
- Kobold, M. 2007: Vpliv podnebnih sprememb na pretoke slovenskih rek. 18. Mišičev vodarski dan. Maribor.
- Kobold, M., Dolinar, M., Frantar, P. 2012: Spremembe vodnega režima zaradi podnebnih sprememb in drugih antropogenih vplivov. 1. kongres o vodah Slovenije. Ljubljana.
- Kovačič, G. 2016: Trendi pretokov rek jadranskega povodja v Sloveniji brez Posočja. *Geografski vestnik* 88-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV88201>
- Kovačič, G., Kolega, N., Brečko Grubar, V. 2016: Vpliv podnebnih sprememb na količine vode in poplave morja v slovenski Istri. *Geografski vestnik* 88-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV88101>
- Kraner Šumenjak, T., Suštar, V. 2011: Parametrični in neparametrični pristopi za odkrivanje trenda v časovnih vrstah. *Acta agriculturae Slovenica* 97-3.
- Makor, S. 2016: Trendi spreminjanja pretokov rek v Slovenij. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Medmrežje 1: <http://en.ilmatietaanlaitos.fi/makesens> (24. 7. 2017).
- Milošević, D. D., Savić, S. M., Stankov, U., Žiberna, I., Pantelić, M. M., Dolinaj, D., Leščičen, I. 2017: Maximum temperatures over Slovenia and their relationship with atmospheric circulation patterns. *Geografie* 122-1.
- Milošević, D. D., Savić, S. M., Žiberna, I. 2013: Analysis of the climate change in Slovenia: fluctuations of meteorological parameters for the period 1961–2011 (Part I). *Glasnik Srpskog geografskog društva* 93-1. DOI: <https://doi.org/10.2298/GSGD1301001M>
- Ogrin, D. 1996: Podnebni tipi v Sloveniji. *Geografski vestnik* 68.
- Ogrin, D. 2003: Spreminjanje temperature zraka in padavin po letnih časih v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–2002. *Dela* 20.
- Ogrin, D. 2014: Tendence spreminjanja podnebja po 2. svetovni vojni na jugovzhodu krasa. *Dela* 41. DOI: <https://doi.org/10.4312/dela.41.4.81-100>
- Perko, D. 1998: The regionalization of Slovenia. *Geografski zbornik* 38.
- Perko, D., Kladnik, D. 1998: Nova regionalizacija Slovenije. *Slovenija pokrajine in ljudje*. Ljubljana.
- Petek, F. 2005: Spremembe rabe tal v slovenskem alpskem svetu. *Geografija Slovenije* 11. Ljubljana.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell, T. 2002: Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates – the Excel template application MAKESENS. *Publications on Air Quality* No. 31. Helsinki.
- Smolej, I. 1988: *Gozdna hidrologija*. Ljubljana.
- Sušnik, A. (ur.) 2004: *Spremembe podnebja in kmetijstvo v Sloveniji*. Ljubljana.
- Šraj, M., Menih, M., Bezjak, N. 2016: Climate variability impact assessment on the flood risk in Slovenia. *Physical Geography* 37-1. DOI: <https://doi.org/10.1080/02723646.2016.1155389>
- Trenberth, K. E., Jones, P. D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J. A., Rusticucci, M., Soden, B., Zhai, P. 2007: Observations: Surface and atmospheric climate change. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge. Medmrežje: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch3s3-es.html (24. 7. 2017).
- Uhan, J. 2007: Trendi velikih in malih pretokov rek v Slovenji. *Ujma* 21.
- Uлага, F. 2002: Trendi spreminjanja pretokov slovenskih rek. *Dela* 18.
- Uлага, F., Kobold, M., Frantar, P. 2008a: Trends of river discharges in Slovenia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 4-1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1307/4/1/012030>
- Uлага, F., Kobold, M., Frantar, P. 2008b: Analiza časovnih sprememb vodnih količin slovenskih rek. 19. Mišičev vodarski dan. Maribor.

- Vertačnik, G., Dolinar, M., Bertalanič, R., Klančar, M., Dvoršek, D., Nadbath, M. 2015: Ensemble homogenization of Slovenian monthly air temperature series. *International Journal Climatology* 35-13. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.4265>
- Zampieri, M., Scoccimarro, E., Gualdi, S., Navarra, A. 2015: Observed shift towards earlier spring discharge in the main Alpine rivers. *Science of the Total Environment* 503-504. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.036>
- Žiberna, I. 2011: Podnebne spremembe v Sloveniji. *Podravina* 10-20.

8 Summary: River discharge trends in Slovenian Alps between 1961 and 2010

(translated by DEKS d. o. o.)

The main findings on changes in selected hydrological and climate variables between 1961 and 2010 can be summarized as follows:

- The 1961–2010 absolute minimum annual discharge trends are falling distinctly on ten out of twelve Alpine rivers. The trend difference is small only on the Sava Bohinjka and Soča rivers, whereas on all other rivers it exceeds at least 15%. The absolute minimum discharges decreased by 0.09 to 1.85 m³/s, but in the relative sense the majority of watercourses experienced a decrease of 15 to 39%.
- The 1961–2010 average mean annual discharge trends are falling on all twelve Alpine rivers. Discharges decreased by 0.39 to 4.33 m³/s, but in the relative sense the majority of watercourses experienced a decrease of 15 to 25%; a decrease of less than 10% was only recorded for the Tolminka and Savinja rivers.
- The 1961–2010 absolute maximum annual discharge trends are falling on eight Alpine rivers and are increasing on four. Among the rivers with a negative trend, the discharge decreased the most on the Mostnica (–57%) and Kamniška Bistrica (–49%), and, among the rivers with a positive trend, the discharge increased the most on the Tržiška Bistrica (31%) and Soča (21%).
- The 1961–2010 average annual air temperature increased from 0.030 to 0.038 °C per year at seven temperature stations, which means that temperatures there increased by 1.48 to 1.84 °C in fifty years. A slightly smaller increase in temperature was only established at the Mount Krvavec temperature station, where the temperature increased by 0.93 °C.
- The 1961–2010 annual precipitation decreased at nine out of twelve Alpine precipitation stations. At the five stations that showed the largest decrease, the average annual precipitation decreased by 4 to 9 mm per year, which means that over the last half century precipitation has decreased by 185 to 465 mm, or 10 to 23%, at these stations. The Mount Kredarica and Soča stations show an increasing annual precipitation trend: at both of them, precipitation has increased by approximately 10% over the past fifty years.
- The 1961–2010 annual number of days with precipitation over 0.1 mm increased at six precipitation stations and decreased at six. At the majority of stations, negative or positive trend deviations are smaller and do not reach 10%. Stronger decreases were only observed at the Podpeca (–13.3%) and Šmartno pri Slovenj Gradcu (–11.6%) stations, and the greatest increases were established at the Kamniška Bistrica (30.7%), Koprivna (23.4%), and Bohinjska Bistrica (16.7%) stations.
- The 1961–2010 number of days with snow cover decreased by 23 to 50 days, or 16 to 49%, at eleven Alpine precipitation stations out of twelve. The only exception was the high-mountain station on Mount Kredarica, where the number of days with snow cover increased by 6 days, or 2.2%.
- A comparison of the discharge regime based on the 1981–2010 data series and the discharge regime based on the 1961–1990 data series shows that the spring (primary) and fall (secondary) discharge maximums are becoming increasingly similar, that the winter (primary) and summer (secondary) discharge minimums are becoming increasingly more distinct, and that the December rise in discharge is especially strong, indicating a »late« winter.

- More than 70% of the Slovenian Alpine landscape is covered by forest, which through interception and transpiration significantly reduces the volume of water that reaches the groundwater and surface watercourses.