

## HIDROLOŠKI ODRAZ PODNEBNIH SPREMEMB V PODRAVJU – BO POPLAV VEČ ALI MANJ

**dr. Mauro Hrvatin, dr. Matija Zorn**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut  
Antona Melika, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

mauro.hrvatin@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6021-8736>

matija.zorn@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5788-018X>

DOI: 10.3986/NN0509

UDK: 91:556.156(497.412), 91:551.583(497.412)

### IZVLEČEK

#### **Hidrološki odraz podnebnih sprememb v Podravju – bo poplav več ali manj**

V prispevku obravnavamo različne trende letnih pretokov rek, ki spadajo k slovenskemu delu porečja Drave. Obravnavane so reke Drava, Meža, Bistrica, Dravinja, Polskava in Pesnica. Rečni pretoki so v veliki meri posledica podnebnega dogajanja, zato spremembe vodnih količin povezujemo s podnebnimi spremembami. Te se kažejo predvsem v rasti povprečne letne temperature in močno skrajšanem trajanju snežne odeje. Rezultati kažejo, da povprečni minimalni in srednji letni pretoki na vseh obravnavanih rekah padajo, medtem ko povprečni maksimalni in absolutni maksimalni pretoki ponekod naraščajo. Poleg vodnih količin se pri rekah spreminjajo tudi pretočni režimi, ki po eni strani lahko kažejo manjšo možnost spomladanskih poplav, po drugi strani pa večjo možnost jesenskih poplav.

### KLJUČNE BESEDE

geografija voda, podnebna geografija, podnebne spremembe, hidrološke spremembe, pretočni režimi, poplave, Podravje

### ABSTRACT

#### **Hydrological reflection of climate change in the Podravje region – can we expect more or less floods**

This article deals with different trends in annual discharges of rivers belonging to the Slovenian part of the Drava River basin. The Drava, Meža, Bistrica, Dravinja, Polskava and Pesnica rivers are discussed. River discharges are mainly the result of climate events, which is why changes in water quantities are linked to climate change. These are mainly reflected in the growth of the average annual temperature and the greatly reduced duration of the snow cover. The results show that average minimum and mean annual discharges on all considered rivers decrease, while average maximum and absolute maximum discharges in some places increase. In addition to water quantities, discharge regimes are also changing, which, on the one hand may indicate a lower chance of spring floods and on the other a greater chance of autumn floods.

### KEY WORDS

hydrogeography, climate geography, climate change, hydrological changes, discharge regimes, floods, Podravje region

## 1 Uvod

Reka Drava je desni pritok Donave, ki teče prek Italije, Avstrije, Slovenije in Hrvaške, je pa tudi mejna reka med Hrvaško in Madžarsko. Dolga je 720 km, njeno porečje pa obsega 40.095 km<sup>2</sup> (Hrvatin 2007). Izvira na nadmorski višini približno 1200 m, v Donavo pa se izliva na 80 m nadmorske višine. V Slovenjo priteče pri Dravogradu na nadmorski višini 340 m. Skozi Slovenijo teče 142 km (do Središča ob Dravi), njen padec pa je 148 m. Porečje Drave (Podravje) v Sloveniji zavzema šestino državnega ozemlja (3264 km<sup>2</sup>). Dolžina vseh vodotokov v porečju je 6829 km, gostota rečne mreže pa je 2 km/km<sup>2</sup> (Zorn 2018).

Kolebanje Drave je v veliki meri odvisno od taljenja snega. Največji pretok ima običajno junija, najnižjega februarja. Kar devet desetih vode dobi v gorskem svetu do Maribora. V Avstriji so njeni najpomembnejši pritoki Isel, Moll, Lieser, Zilja (nemško *Gail*), Krka (*Gurk*) in Labotnica (*Lavant*), v Sloveniji Meža, Bistrica, Dravinja in Pesnica ter na Hrvaškem Mura, Bednja in Karašica. Od sotočja z Muro do izliva je izrazito nižinska reka, ki teče v številnih okljukih in rokavih. Visoke vode so pred regulacijami toka povzročale pogoste poplave (Petrić in Obadič 2007). Regulacijski ukrepi so se na avstrijskem Koroškem začeli leta 1882. Nevarnost pred poplavami se je močno zmanjšala predvsem po izgradnji verige hidroelektrarn (Berchtold-Ogris 2001), ni pa bila odpravljena (na primer poplava leta 2012; Klančec 2013; Kobold in sod. 2013). Na starejše poplave ponekod opozarjajo označbe, na primer za poplavo Drave 3. novembra 1851, katere vodostaj je zabeležen na Radeljskem polju, na Falski pečini, na mariborskem Lentu in na Ptuju (Kolbezen 1991).

Zaradi vodnatosti in strmca ima Drava veliko vodno moč, ki jo izkorišča več avstrijskih, slovenskih in hrvaških hidroelektrarn. Prevladujejo pretočne elektrarne, pred njimi pa so običajno akumulacijska jezera (Zorn 2018).

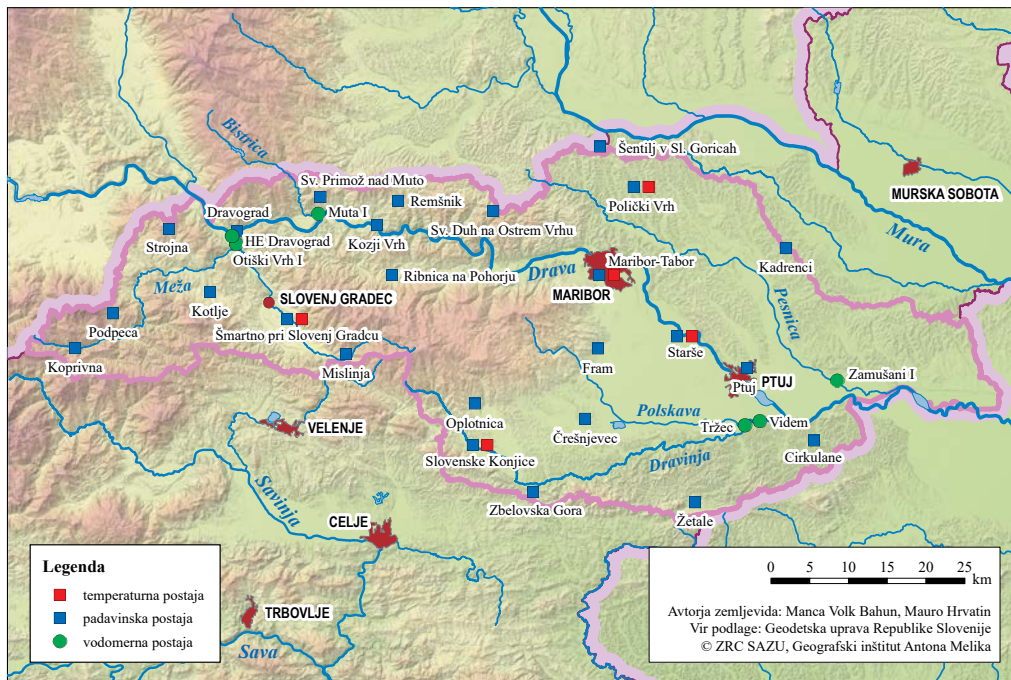
Njihova izgradnja, predvsem pa akumulacijska jezera, so močno spremenila pokrajinsko podobo. Danes regulacije in zaježitve določajo količino in hitrost pretoka, zadrževalni čas vode, njeno mešanje ter oblikovanje struge (Berchtold-Ogris, Etner in Verdel 2001).

Pretoki pa niso povezani le z antropogenimi posegi, temveč tudi s podnebnimi spremembami, kar je vidno predvsem na vodotokih z manj takšnih posegov. V zadnjih letih je bilo objavljenih več člankov, ki obravnavajo spreminjanje trendov pretokov slovenskih rek v zahodnem in severnem delu države v povezavi s podnebnimi spremembami. Tako za zahodno predalpsko hribovje (Hrvatin in Zorn 2017a) kot za alpski svet (Hrvatin in Zorn 2017b; Hrvatin in Zorn 2018) je bilo ugotovljeno naraščanje povprečne letne temperature, zmanjševanje skupne letne višine padavin in upadanje srednjih letnih pretokov.

V tem prispevku obravnavamo trende letnih pretokov rek v povezavi z izbranimi podnebnimi spremenljivkami v Podravju. Obravnavane so reke Drava, Meža, Bistrica, Dravinja, Polskava in Pesnica (slika 1). Območje deloma pripada alpskim hribovjem (zahodno od Maribora) ter panonskim ravninam in gričevjem (vzhodno od Maribora) (Perko 1998).

## 2 Metode

Za ugotavljanje trenda spreminjanja izbranih hidroloških in podnebnih spremenljivk (preglednica 1) v obdobju od 1961 do 2018 smo na izbranih vodomernih, temperaturnih in padavinskih postajah (preglednici 2 in 3; 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. Senov naklon je najpogosteje uporabljeni neparametrični test za ugotavljanje linearnega časovnega trenda (Kraner Šumenjak in Šuštar 2011). V primerjavi z linearno



Slika 1: Lokacije temperaturnih, padavinskih in vodomernih postaj v Podravju, ki so obravnavane v analizi.

*Preglednica 1: Obravnavane podnebne in hidrološke spremenljivke.*

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

regresijo je Senov naklon bolj natančen pri asimetrično porazdeljenih podatkih, pri normalno porazdeljenih podatkih pa daje povsem primerljive rezultate metodi najmanjših kvadratov (Kovačič 2016; Kovačič, Kolega in Brečko Grubar 2016).

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 sod. 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 2018 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 2018 pa je vrednost izbrane spremenljivke za leto 2018, 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:

trendna vrednost za leto  $x$  = Senov naklon \* (trendno leto  $x$  – začetno trendno leto) + začetna trendna vrednost.

## 3 Podatki

### 3.1 Podnebne spremenljivke

Podatke o podnebnih spremenljivkah smo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje (Arhiv meteoroloških ... 2019). V analizo smo vključili pet temperaturnih in petindvajset padavinskih postaj iz slovenskega dela Podravja (preglednica 2; slika 1). Uporabili smo podatke s postaj z več desetletnim nizom meritev.

*Preglednica 2: Obravnavane vremenske postaje s časovnimi nizi meritev.*

	vremenska postaja	občina	nadmorska višina (m)	časovni niz	število letnih meritev
temperaturna postaja	Maribor - Tabor	Maribor	275	1961–2018	56
	Polički Vrh	Pesnica	280	1961–2018	52
	Slovenske Konjice	Slovenske Konjice	330	1961–2018	56
	Starše	Starše	238	1961–2018	56
	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Slovenj Gradec	444	1961–2018	58
padavinska postaja	Cirkulane	Cirkulane	241	1961–2018	56
	Črešnjevec	Slovenska Bistrica	310	1961–2018	57
	Dravograd	Dravograd	384	1961–2018	57
	Fram	Rače-Fram	320	1961–2016	56
	Kadrenci	Cerkvenjak	302	1961–2018	58
	Koprivna	Črna na Koroškem	840	1961–2017	57
	Kotlje	Ravne na Koroškem	450	1961–2014	54
	Kozji Vrh	Podvelka	340	1961–2018	55
	Maribor - Tabor	Maribor	275	1963–2018	56
	Mislinja	Mislinja	589	1961–2018	58
	Oplotnica	Oplotnica	477	1961–2014	52
	Podpeca	Črna na Koroškem	955	1961–2018	57
	Polički Vrh	Pesnica	280	1968–2018	50
	Ptuj	Ptuj	235	1961–2018	58
	Remšnik	Radlje ob Dravi	660	1961–2014	48
	Ribnica na Pohorju	Ribnica na Pohorju	600	1961–2018	56
	Slovenske Konjice	Slovenske Konjice	330	1961–2018	56
	Starše	Starše	238	1961–2017	57

	vremenska postaja	občina	nadmorska višina (m)	časovni niz	število letnih meritev
padavinska postaja	Strojna	Ravne na Koroškem	940	1961–2018	57
	Sveti Duh na Ostrem vrhu	Selnica ob Dravi	870	1961–2012	45
	Sveti Primož nad Muto (Podlipje)	Muta	760	1961–2018	58
	Šentilj v Slovenskih goricah	Šentilj	306	1961–2018	56
	Šmartno pri Slovenj Gradcu	Slovenj Gradec	444	1961–2018	58
	Zbelovska Gora	Slovenske Konjice	275	1962–2018	55
	Žetale	Žetale	342	1961–2018	55

### 3.2 Hidrološke spremenljivke

Podatke o hidroloških spremenljivkah smo pridobili na Agenciji Republike Slovenije za okolje (Arhiv hidroloških ... 2019). V analizo smo vključili šest postaj iz slovenskega dela Podravja (preglednica 3; slika 1). Uporabili smo podatke s postaj z več desetletnim nizom meritev.

Pretočne razmere na reki Bistrici so se povsem spremenile po letu 1987, ko so jo na avstrijski strani zajezili v vodnem zbiralniku Sobota. Iz zbiralnika je voda speljana po visokotlačnem cevovodu do hidroelektrarne Golica (*Koralpe*) v Labotu (*Lavamünd*) in se nato izliva v Dravo. Ob vstopu na slovensko ozemlje je na reki Bistrici z meddržavno pogodbo zagotovljen biološki pretočni minimum, ki je deset mesecev na leto  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , dva meseca na leto pa  $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$  (Balant in sod. 1999). Velike pretočne spremembe na reki Bistrici pri vodomerni postaji Muta I je zato treba pripisati predvsem vplivu človeka in le v manjši meri spremenjenim naravnim razmeram.

Preglednica 3: Obravnavani vodotoki s časovnimi nizi meritev.

vodotok	vodomerna postaja	občina	nadmorska višina (m)	časovni niz	število letnih meritev
Drava	Dravograd	Dravograd	330	1965–2018	54
Meža	Otiški Vrh	Dravograd	334	1961–2018	58
Bistrica	Muta	Muta	326	1961–2018	58
Dravinja	Videm	Videm	210	1961–2018	58
Polskava	Tržec	Videm	214	1961–2018	58
Pesnica	Zamušani	Gorišnica	202	1961–2018	58

## 4 Rezultati

### 4.1 Podnebne spremenljivke

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

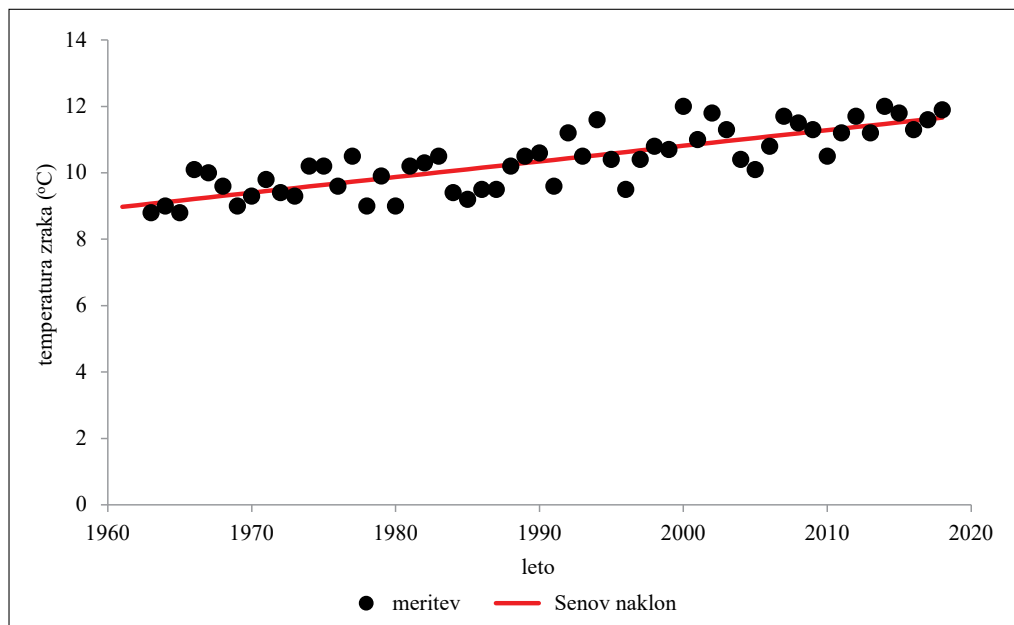
#### 4.1.1 Povprečna letna temperatura zraka

Trendi povprečne letne temperature zraka v obdobju od 1961 do 2018 so na vseh petih obravnavanih temperaturnih postajah podobni in kažejo na izrazito naraščanje (preglednica 4, slika 2). Značilna je izredno visoka raven zaupanja, ki je na vseh temperaturnih postajah 99,9 %.

V obravnavanem obdobju 1961–2018 je temperatura na izbranih temperaturnih postajah v povprečju letno narasla od 0,043 do 0,047 °C, kar pomeni, da so se v zadnjih šestih desetletjih na omenjenih postajah temperature zvišale za 2,44–2,68 °C. Absolutna temperaturna razlika je najmanjša na postaji Starše, kjer je temperatura narasla za 2,44 °C, in največja na postaji Maribor - Tabor, kjer je temperatura narasla za 2,68 °C.

*Preglednica 4: Trendi povprečnih letnih temperatur v obdobju od 1961 do 2018. Trendna razlika v % je izračunana glede na absolutno (Kelvinovo) temperaturno lestvico.*

temperaturna postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
	Z	%	Q	°C	°C	°C	%
Maribor - Tabor	6,73	99,9	0,047	8,98	11,66	2,68	0,95
Polički Vrh	5,49	99,9	0,045	7,98	10,57	2,59	0,92
Slovenske Konjice	6,21	99,9	0,046	8,75	11,36	2,61	0,93
Starše	5,68	99,9	0,043	8,95	11,39	2,44	0,86
Šmartno pri Slovenj Gradcu	6,64	99,9	0,044	7,07	9,57	2,50	0,89



*Slika 2: Trend povprečnih letnih temperatur na temperaturni postaji Maribor - Tabor v obdobju od 1961 do 2018.*

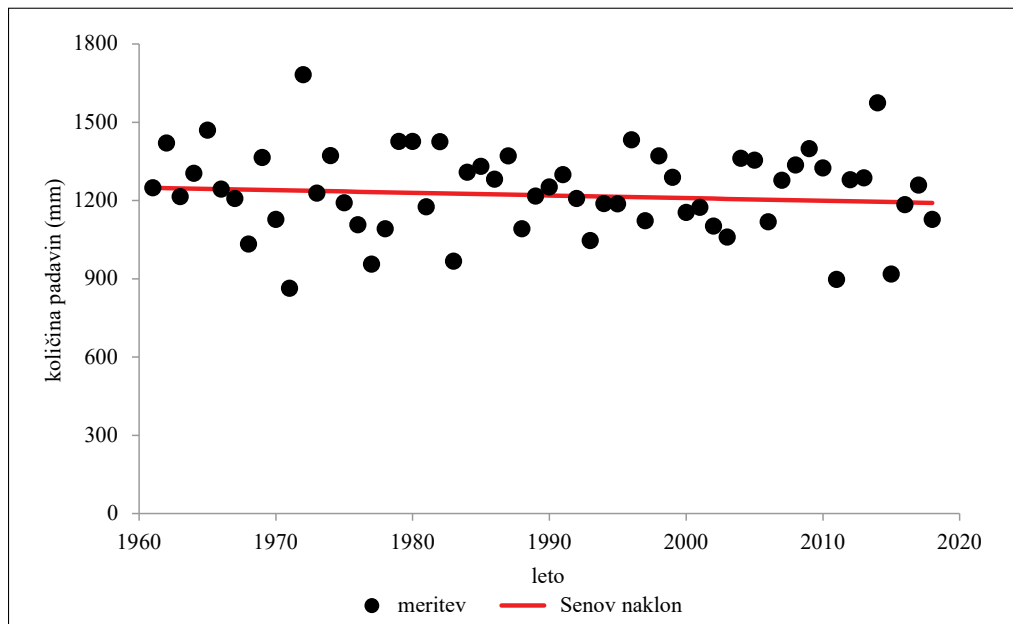
#### 4.1.2 Letna količina padavin

V nasprotju s temperaturnimi trendi, ki kažejo naraščanje, so trendi letne količine padavin v obdobju od 1961 do 2018 na osemnajstih od petindvajsetih obravnavanih padavinskih postaj padajoči (preglednica 5, slika 3). Raven zaupanja je skromna, saj kar na dvaindvajsetih postajah ne dosega niti 90 %. Le na postajah Kozji Vrh, Maribor - Tabor in Sveti Primož nad Muto dosega 90 %, kar je še vedno daleč od statistične značilnosti (95 %).

Večina razlik v letni količini padavin je razmeroma majhnih. Na štirinajstih padavinskih postajah od petindvajsetih razlike ne presegajo 5 % in na dvajsetih padavinskih postajah od petindvajsetih razlike ne presegajo 10 %. Padajoči trend letne količine padavin je najbolj izrazit na Svetem Duhu na Ostrem vrhu (-181,8 mm oziroma -14,8 %), Mariboru - Taboru (-149,9 mm oziroma -13,9 %) in Ptujju (-117,3 mm oziroma -11,4 %), naraščajoči trend pa na Kozjem Vrhju (+160,3 mm oziroma +14,3 %) in Svetem Primožu nad Muto (+148,3 mm oziroma +12,5 %).

Preglednica 5: Trendi količine letnih padavin v obdobju od 1961 do 2018.

padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
	Z	%	Q	mm	mm	mm	%
Cirkulane	-0,98	pod 90,0	-1,425	1112,71	1031,47	-81,24	-7,30
Črešnjevec	-0,74	pod 90,0	-0,911	1109,16	1057,21	-51,95	-4,68
Dravograd	-1,51	pod 90,0	-2,000	1153,30	1039,30	-114,00	-9,88
Fram	0,33	pod 90,0	0,323	1102,67	1121,11	18,44	1,67
Kadrenci	-1,09	pod 90,0	-1,413	949,13	868,57	-80,56	-8,49
Koprivna	-0,23	pod 90,0	-0,370	1506,04	1484,95	-21,09	-1,40
Kotlje	0,46	pod 90,0	0,954	1160,37	1214,74	54,37	4,69
Kozji Vrh	1,93	90,0	2,813	1121,44	1281,77	160,33	14,30
Maribor - Tabor	-1,92	90,0	-2,630	1079,59	929,67	-149,92	-13,89
Mislinja	-0,80	pod 90,0	-1,014	1248,93	1191,14	-57,79	-4,63
Oplotnica	-0,17	pod 90,0	-0,384	1107,24	1085,37	-21,87	-1,98
Podpeca	0,34	pod 90,0	0,536	1429,73	1460,26	30,53	2,14
Polički Vrh	0,52	pod 90,0	0,573	948,27	980,95	32,68	3,45
Ptuj	-1,33	pod 90,0	-2,057	1031,36	914,10	-117,26	-11,37
Remšnik	0,88	pod 90,0	1,679	1128,88	1224,59	95,71	8,48
Ribnica na Pohorju	-0,67	pod 90,0	-0,856	1388,99	1340,17	-48,82	-3,51
Slovenske Konjice	-0,66	pod 90,0	-0,732	1104,82	1063,08	-41,74	-3,78
Štarše	-0,65	pod 90,0	-0,767	1005,93	962,20	-43,73	-4,35
Strojna	-1,44	pod 90,0	-1,835	1134,22	1029,64	-104,58	-9,22
Sveti Duh na Ostrem vrhu	-1,26	pod 90,0	-3,190	1229,39	1047,57	-181,82	-14,79
Sveti Primož nad Muto	1,65	90,0	2,602	1184,97	1333,30	148,33	12,52
Šentilj v Slovenskih goricah	-0,16	pod 90,0	-0,203	990,07	978,52	-11,55	-1,17
Šmartno pri Slovenj Gradcu	-0,36	pod 90,0	-0,482	1179,12	1151,63	-27,49	-2,33
Zbelovska Gora	-1,42	pod 90,0	-1,955	1208,36	1096,93	-111,43	-9,22
Žetale	-0,62	pod 90,0	-0,828	1170,11	1122,90	-47,21	-4,03



Slika 3: Trend letne količine padavin na padavinski postaji Mislinja v obdobju od 1961 do 2018.

#### 4.1.3 Letno število dni s padavinami nad 0,1 mm

Letno število dni s padavinami nad 0,1 mm je v obdobju od 1961 do 2018 na devetih padavinskih postajah naraslo, na petnajstih upadlo, na postaji na Remšniku pa je ostalo nespremenjeno (preglednica 6, slika 4). Raven zaupanja je zelo spremenljiva: na štirinajstih postajah ne presega niti 90 %, na postaji Sveti Primož nad Muto dosega 95 %, na desetih postajah pa je vsaj 99,0 %.

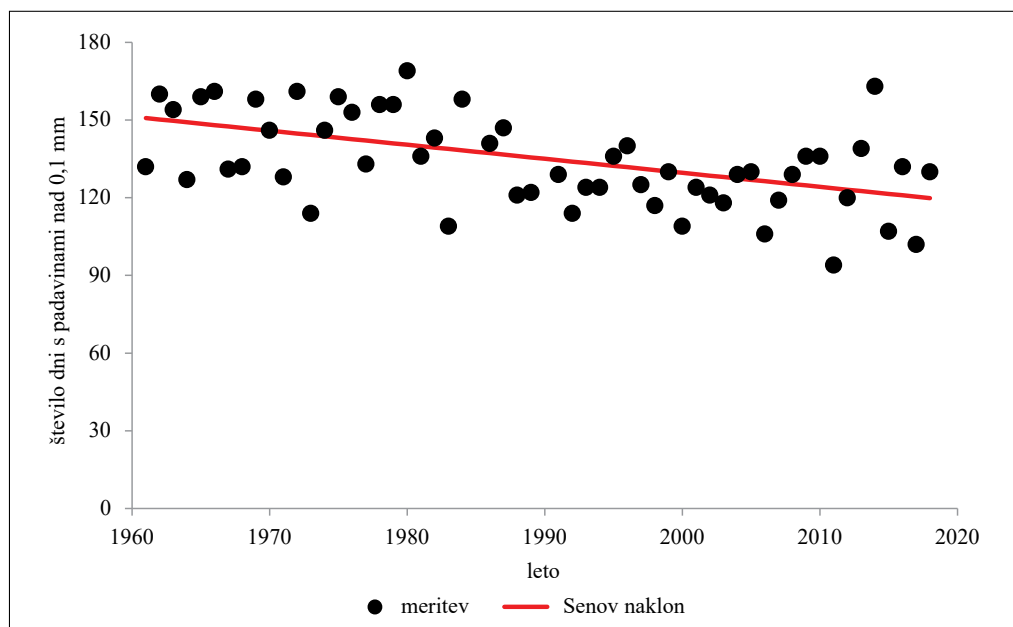
Pri enajstih padavinskih postajah so negativna ali pozitivna trendna odstopanja manjša in ne dosegajo 10 %. Upadanje letnega števila dni s padavinami nad 0,1 mm je najbolj izrazito na Strojni (-43,8 dni oziroma -28,8 %), Oplotnici (-31,5 dni oziroma -20,8 %) in Ribnici na Pohorju (-30,9 dni oziroma -20,5 %), naraščanje pa je največje na postajah Koprivna (27,1 dni oziroma 23,1 %), Dravograd (21,0 dni oziroma 19,8 %) in Kozji Vrh (24,4 dni oziroma 19,3 %).

Preglednica 6: Trendi števila dni s padavinami na leto v obdobju od 1961 do 2018.

padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
	Z	%	Q	število dni	število dni	število dni	%
Cirkulane	1,41	pod 90,0	0,228	103,28	116,26	12,99	12,57
Črešnjevec	1,75	90,0	0,256	118,88	133,47	14,59	12,27
Dravograd	3,00	99,0	0,368	105,83	126,78	20,95	19,80
Fram	-2,97	99,0	-0,444	146,89	121,56	-25,33	-17,24
Kadrenci	-3,40	99,9	-0,400	137,80	115,00	-22,80	-16,55
Koprivna	3,37	99,9	0,476	117,62	144,76	27,14	23,08
Kotlje	-1,69	90,0	-0,250	153,75	139,50	-14,25	-9,27



padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
	Z	%	Q	število dni	število dni	število dni	%
Kozji Vrh	3,20	99,0	0,429	126,43	150,86	24,43	19,32
Maribor - Tabor	-0,56	pod 90,0	-0,075	139,03	134,75	-4,28	-3,08
Mislinja	-1,60	pod 90,0	-0,200	139,10	127,70	-11,40	-8,20
Oplotnica	-3,47	99,9	-0,552	151,50	120,02	-31,48	-20,78
Podpeca	-3,35	99,9	-0,478	156,82	129,60	-27,22	-17,36
Polički Vrh	0,59	pod 90,0	0,118	128,47	135,18	6,71	5,22
Ptuj	-3,15	99,0	-0,441	142,46	117,31	-25,15	-17,65
Remšnik	0,07	pod 90,0	0,000	141,50	141,50	0,00	0,00
Ribnica na Pohorju	-3,63	99,9	-0,542	150,74	119,84	-30,90	-20,50
Slovenske Konjice	0,45	pod 90,0	0,078	137,86	142,31	4,45	3,23
Starše	-0,85	pod 90,0	-0,091	132,09	126,91	-5,18	-3,92
Strojna	-4,59	99,9	-0,768	152,03	108,27	-43,76	-28,78
Sveti Duh na Ostrem vrhu	0,26	pod 90,0	0,067	118,98	122,82	3,84	3,23
Sveti Primož nad Muto	-2,56	95,0	-0,308	136,46	118,92	-17,54	-12,85
Šentilj v Slovenskih goricah	-1,46	pod 90,0	-0,235	137,00	123,59	-13,41	-9,79
Šmartno pri Slovenj Gradcu	-1,75	90,0	-0,250	150,38	136,13	-14,25	-9,47
Zbelovska Gora	-1,72	90,0	-0,286	131,14	114,86	-16,28	-12,42
Žetale	1,08	pod 90,0	0,167	125,17	134,67	9,50	7,59



Slika 4: Trend števila dni s padavinami na leto na padavinski postaji Ribnica na Pohorju v obdobju od 1961 do 2018.

#### 4.1.4 Število dni s snežno odejo

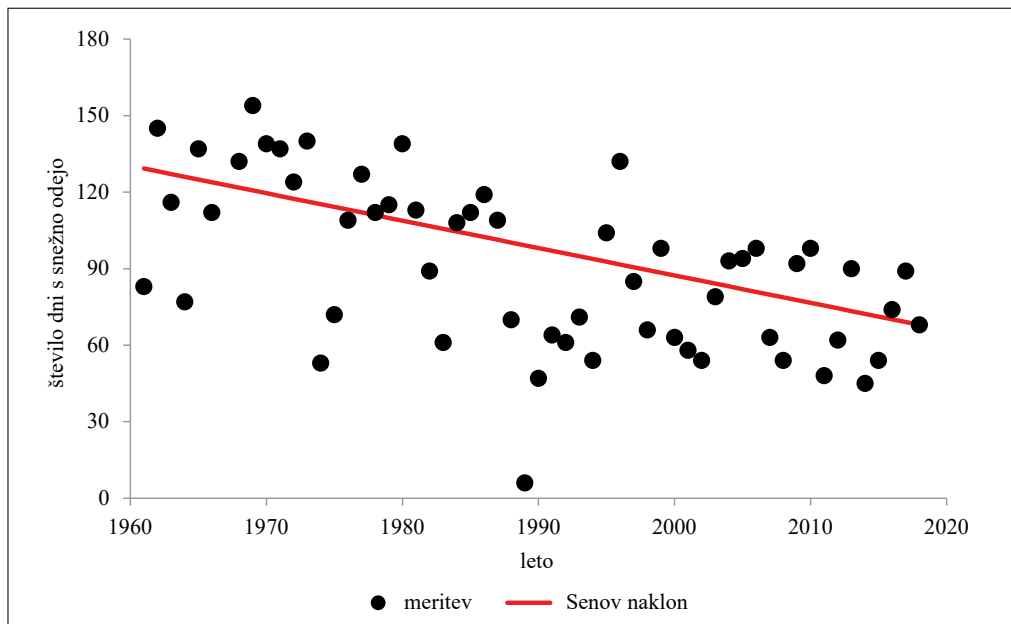
Število dni s snežno odejo se je v obravnavanem obdobju 1961–2018 na vseh padavinskih postajah močno zmanjšalo (preglednica 7, slika 5). Raven zaupanja je povsod visoka in statistično značilna.

Na šestnajstih od petindvajsetih padavinskih postaj se je število dni s snežno odejo skrajšalo za 40 do 60 % oziroma za 25 do 61 dni. Za manj kot 40 % se je število dni s snežno odejo zmanjšalo v Koprivni (–22,4 %), Remšniku (–28,7 %), Svetem Primožu nad Muto (–31,3 %), Podpeci (–33,8 %), Mislinji (–38,9 %) in na Svetem Duhu na Ostrem vrhu (–39,2 %). Za več kot 60 % pa se je število dni s snežno odejo zmanjšalo v Framu (–70,1 %), Dravogradu (–64,7 %) in na Ptujju (–60,9 %).

Z vidika števila dni se je trajanje snežne odeje najmanj skrajšalo v Slovenskih Konjicah (–24,9 dni), Žetalah (–26,5 dni) in Oplotnici (–26,8 dni), najbolj pa se je skrajšalo na Strojni (–61,3 dni), Šmartnem pri Slovenj Gradcu (–55,6 dni) in v Ribnici na Pohorju (–50,7 dni).

Preglednica 7: Trendi števila dni s snežno odejo na leto v obdobju od 1961 do 2018.

padavinska postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
	Z	%	Q	število dni	število dni	število dni	%
Cirkulane	-3,55	99,9	-0,667	66,00	28,00	-38,00	-57,58
Črešnjevec	-3,06	99,0	-0,544	61,96	30,97	-30,99	-50,02
Dravograd	-3,79	99,9	-0,857	75,50	26,64	-48,86	-64,72
Fram	-3,74	99,9	-0,750	61,00	18,25	-42,75	-70,08
Kadrenci	-3,76	99,9	-0,702	68,78	28,76	-40,02	-58,18
Koprivna	-2,70	99,0	-0,549	139,57	108,27	-31,30	-22,43
Kotlje	-2,90	99,0	-0,737	100,16	58,16	-42,00	-41,93
Kozji Vrh	-2,81	99,0	-0,500	62,75	34,25	-28,50	-45,42
Maribor - Tabor	-3,27	99,0	-0,643	67,93	31,29	-36,64	-53,94
Mislinja	-3,44	99,9	-0,758	111,05	67,86	-43,19	-38,89
Oplotnica	-2,20	95,0	-0,469	63,61	36,86	-26,75	-42,05
Podpeca	-3,50	99,9	-0,733	123,70	81,94	-41,76	-33,76
Polički Vrh	-2,49	95,0	-0,571	62,86	30,29	-32,57	-51,81
Ptuj	-3,18	99,0	-0,556	52,00	20,33	-31,67	-60,90
Remšnik	-2,14	95,0	-0,516	102,32	72,92	-29,40	-28,73
Ribnica na Pohorju	-4,09	99,9	-0,889	104,22	53,56	-50,66	-48,61
Slovenske Konjice	-2,43	95,0	-0,438	50,69	25,75	-24,94	-49,20
Starše	-2,95	99,0	-0,589	64,03	30,45	-33,58	-52,44
Strojna	-4,41	99,9	-1,075	129,25	68,00	-61,25	-47,39
Sveti Duh na Ostrem vrhu	-2,75	99,0	-0,696	101,18	61,50	-39,68	-39,22
Sveti Primož nad Muto	-2,72	99,0	-0,535	97,44	66,95	-30,49	-31,29
Šentilj v Slovenskih goricah	-2,93	99,0	-0,667	72,00	34,00	-38,00	-52,78
Šmartno pri Slovenj Gradcu	-4,19	99,9	-0,975	97,84	42,26	-55,58	-56,81
Žbelovska Gora	-3,61	99,9	-0,674	72,35	33,93	-38,42	-53,10
Žetale	-2,54	95,0	-0,464	57,57	31,11	-26,46	-45,96



Slika 5: Trend števila dni s snežno odejo na leto na padavinski postaji Strojna v obdobju od 1961 do 2018.

## 4.2 Hidrološke spremenljivke

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

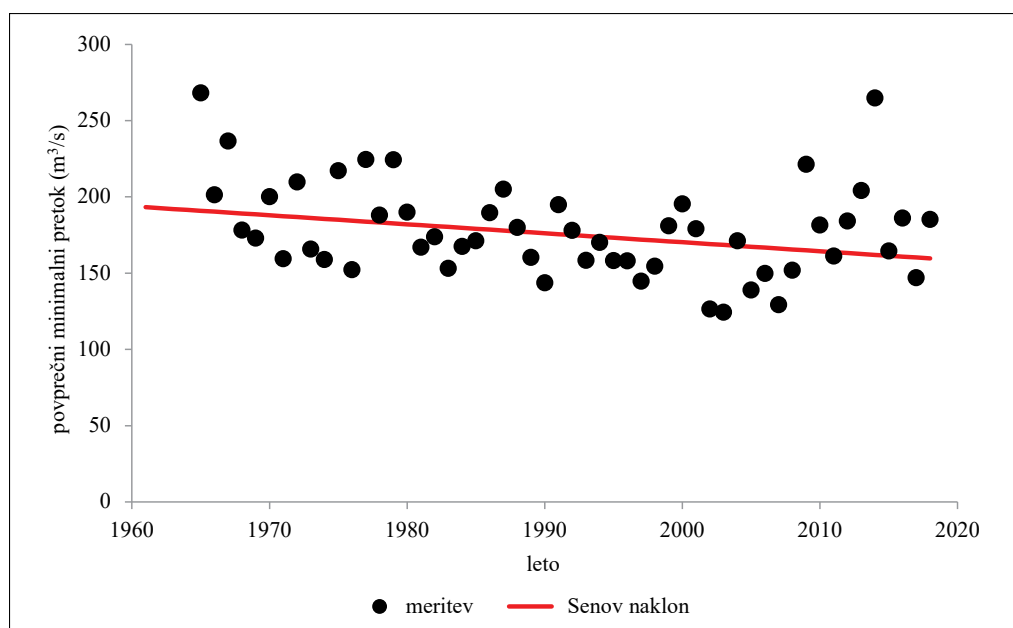
### 4.2.1 Povprečni minimalni letni pretoki

Trendi povprečnih minimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so pri vseh šestih obravnavanih vodotokih izrazito padajoči (preglednica 8, slika 6), pri čemer trendna razlika povsod presega vsaj 17 %. Raven zaupanja je zelo spremenljiva. Pri Polskavi in Pesnici ne presega 90 %, na Dravi, Meži in Dravinji je 95 %, na Bistrici pa zaradi dodatnega vpliva človeka dosega celo 99,9 %.

Z izjemo Drave so se povprečni minimalni pretoki v obravnavanem obdobju (1961–2018) zmanjšali za 0,31 do 1,60 m<sup>3</sup>/s oziroma za 310 do 1600 l/s, pretok Drave pa se je zmanjšal za 33,59 m<sup>3</sup>/s. V relativnem smislu beležijo Drava in Meža upad od 15 do 20 %, Dravinja, Polskava in Pesnica upad od 25 do 30 %, pri Bistrici pa je upad celo 64,3 %. V absolutnem smislu beleži največji upad Drava pri Dravogradu, kjer je pretok upadel za 33,59 m<sup>3</sup>/s, relativna razlika pa je največja na Bistrici pri Muti, ki beleži upad povprečnega minimalnega pretoka za 64,3 %.

Preglednica 8: Trendi povprečnih minimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018.

vodotok	vodomerna postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
		Z	%	Q	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	%
Drava	Dravograd	-2,13	95,0	-0,589	193,23	159,64	-33,59	-17,38
Meža	Otiški Vrh	-2,29	95,0	-0,024	7,47	6,08	-1,39	-18,61
Bistrica	Muta	-5,33	99,9	-0,028	2,49	0,89	-1,60	-64,26
Dravinja	Videm	-2,40	95,0	-0,023	5,08	3,77	-1,31	-25,79
Poljskava	Tržec	-1,70	90,0	-0,005	1,10	0,79	-0,31	-28,18
Pesnica	Zamušani	-1,73	90,0	-0,007	1,63	1,20	-0,43	-26,38



Slika 6: Trend povprečnih minimalnih letnih pretokov Drave pri vodomerni postaji Dravograd v obdobju od 1961 do 2018.

#### 4.2.2 Povprečni srednji letni pretoki

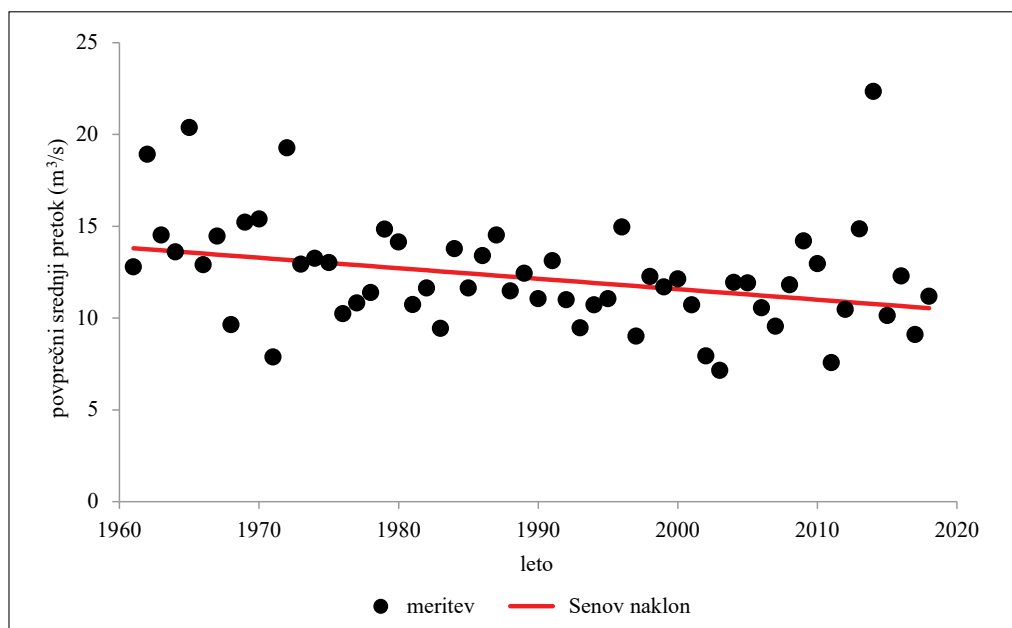
Trendi povprečnih srednjih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so na vseh šestih vodotokih oziroma vodomernih postajah padajoči (preglednica 9, slika 7). Raven zaupanja je spremenljiva. Pri Meži in Bistrici dosega 99 %, v vseh preostalih primerih (Drava, Dravinja, Poljskava in Pesnica) pa je le 90 % ali celo nižja.

Srednji letni pretoki dravskih pritokov so se v obravnavanem obdobju zmanjšali za 0,33 do 3,26 m<sup>3</sup>/s, srednji letni pretok Drave pa je upadel za 34,00 m<sup>3</sup>/s. V relativnem smislu beleži večina vodotokov upad od 10 do 25 %, bistveno večji upad zaradi dodatnega odvzema vode je opazen le na Bistrici (-63,5 %). Absolutna trendna razlika povprečnih srednjih pretokov v obdobju od 1961

do 2018 je največja na Dravi pri Dravogradu, kjer je pretok upadel za 34,00 m<sup>3</sup>/s, največjo relativno trendno razliko pa beleži Bistrica pri Muti, kjer je pretok upadel za 63,5 %.

Preglednica 9: Trendi povprečnih srednjih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018.

vodotok	vodomerna postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
		Z	%	Q	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	%
Drava	Dravograd	-1,76	90,0	-0,596	268,21	234,21	-34,00	-12,68
Meža	Otiški Vrh	-2,84	99,0	-0,057	13,80	10,54	-3,26	-23,62
Bistrica	Muta	-5,83	99,9	-0,042	3,73	1,36	-2,37	-63,54
Dravinja	Videm	-1,74	90,0	-0,049	12,43	9,61	-2,82	-22,69
Polskava	Tržec	-0,89	pod 90,0	-0,006	2,60	2,27	-0,33	-12,69
Pesnica	Zamušani	-1,27	pod 90,0	-0,023	5,34	4,05	-1,29	-24,16



Slika 7: Trend povprečnih srednjih letnih pretokov Meže pri vodomerni postaji Otiški Vrh v obdobju od 1961 do 2018.

#### 4.2.3 Povprečni maksimalni letni pretoki

Trendi povprečnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so na štirih vodotokih padajoči (Drava, Meža, Bistrica in Dravinja), na Polskavi in Pesnici pa je trend naraščajoč (preglednica 10, slika 8). Raven zaupanja je nizka pri Dravi, Dravinji, Polskavi in

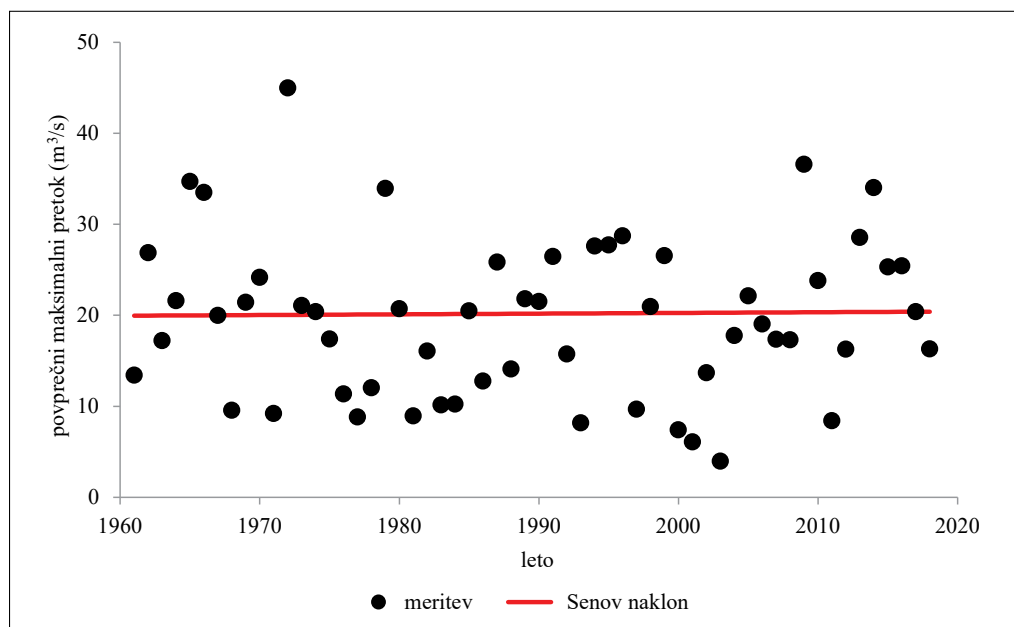
Pesnici, kjer ne dosega niti 90 %. Povsem drugače je pri Meži in Bistrici, kjer je raven zaupanja vsaj 99 %.

Povprečni maksimalni letni pretoki so se v obravnavanem obdobju 1961–2018 najbolj zmanjšali na Bistrici pri Muti in sicer za 3,87 m<sup>3</sup>/s oziroma 57,7 % ter na Meži pri Otiškem Vrhu za 11,11 m<sup>3</sup>/s oziroma 29,0 %. Precej nižji delež trendnega upada beležita Drava pri Dravogradu (–17,44 m<sup>3</sup>/s oziroma –4,2 %) in Dravinja pri Vidmu (–0,69 m<sup>3</sup>/s oziroma –1,8 %).

Povprečni maksimalni letni pretoki so se opazneje povečali na Polskavi pri Tržcu za 1,05 m<sup>3</sup>/s oziroma 13,0 % in precej manj na Pesnici pri Zamušanih za 0,45 m<sup>3</sup>/s oziroma 2,3 %.

Preglednica 10: Trendi povprečnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018.

vodotok	vodomerna postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
		Z	%	Q	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	%
Drava	Dravograd	–0,54	pod 90,0	–0,306	417,50	400,06	–17,44	–4,18
Meža	Otiški Vrh	–2,72	99,0	–0,195	38,26	27,15	–11,11	–29,04
Bistrica	Muta	–4,82	99,9	–0,068	6,71	2,84	–3,87	–57,68
Dravinja	Videm	–0,13	pod 90,0	–0,012	39,04	38,35	–0,69	–1,77
Polskava	Tržec	0,60	pod 90,0	0,018	8,10	9,15	1,05	12,96
Pesnica	Zamušani	0,13	pod 90,0	0,008	19,95	20,40	0,45	2,26



Slika 8: Trend povprečnih maksimalnih letnih pretokov Pesnice pri vodomerni postaji Zamušani v obdobju od 1961 do 2018.

### 4.3 Pretočni režimi

Dolgoročne spremembe temperatur in padavin ne vplivajo samo na vodne količine povprečnih minimalnih, srednjih in maksimalnih pretokov, temveč pomembno vplivajo tudi na spreminjanje pretočnih režimov (Hrvat in 1998; Frantar 2005; Frantar in Hrvat in 2005; Hrvat in Zorn 2017b). Med obravnavanimi podnebnimi kazalniki se zdijo še posebej pomembne spremembe v številu dni s snežno odejo, ki močno prizadenejo vse pretočne režime z izraženim snežnim deležem. V slovenskem Podravju je snežni delež bolj ali manj pomemben pri vseh vodotokih.

Ob razvrščanju pretočnih režimov na temelju podatkovnega niza od 1961 do 1990 sta se Drava in Bistrica uvrstili med reke z alpskim snežnim režimom, Meža med reke z alpskim sredogorskim snežno-dežnim režimom, Dravinja med reke z dinarsko-alpskim dežno-snežnim režimom in Pesnica med reke s panonskim dežno-snežnim režimom (Hrvat in 1998). Reke Polskave ni bilo med obravnavanimi vodotoki.

Po skoraj treh desetletjih je glavni pretočni višek pri reki Dravi ostal junija, ob njem pa se je pojavil še drugotni dežni višek v novembru. Glavni nižek se je iz januarja prestavil na februar, v septembru pa se kaže zametek drugotnega nižka. Pretočni režim Drave bi sedaj označili kot alpski visokogorski snežno-dežni. Rečica Bistrica, ki je nekdanja imela podoben pretočni režim kot Drava, je sedaj povsem odvisna od izpustov vode iz vodnega zbiralnika Sobota na avstrijski strani. Njen pretočni režim je zato v veliki meri antropogeno spremenjen.

Tudi pretočni režim Meže se je močno spremenil. Zamenjala sta se tako pretočna viška kot tudi pretočna nižka. Glavni višek je sedaj novembra in drugotni aprila, glavni nižek je avgusta in drugotni februarja. Glede na nove razmere bi jo uvrstili med reke z alpskim dežno-snežnim režimom.

Manjše so spremembe pretočnega režima Dravinje, ki jo še naprej uvrščamo med reke z dinarsko-alpskim dežno-snežnim režimom. Glavni višek se je zaradi skromnejše snežne odeje pomaknil z aprila na marec, drugotni višek, ki je že povsem izenačen s spomladanskim, pa je sedaj decembra. Glavni poletni nižek je sedaj še bolj izrazit.

Med reke z dinarsko-alpskim dežno-snežnim režimom uvrščamo tudi Polskavo. Novembrski višek že rahlo presega marčevskega, avgustovski nižek pa močno prekaša drugotni nižek v januarju. Manj vode kot januarja je od aprila do septembra.

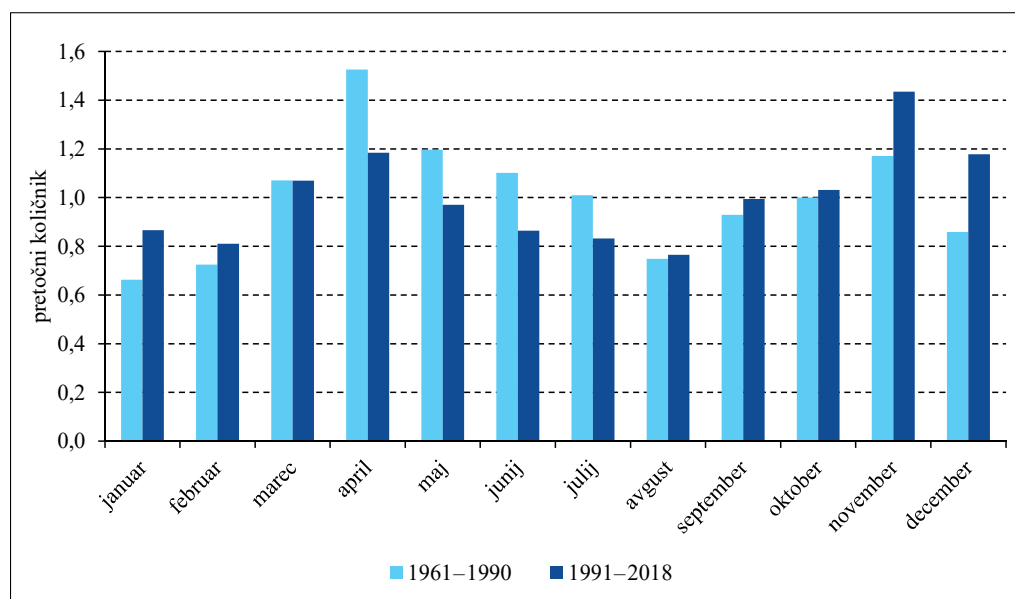
Razmeroma majhne so spremembe pretočnega režima Pesnice, ki zato ostaja med rekami s panonskim dežno-snežnim režimom. Glavni nižek se je s septembra pomaknil v avgust, drugotni višek pa se je z novembra pomaknil v december. Zaradi krajših zim je opazen precejšen upad vode v aprilu.

Primerjava pretočnih režimov na temelju podatkovnega niza od 1961 do 1990 s pretočnimi režimi na temelju podatkovnega niza od 1991 do 2018 je pokazala naslednje razlike (preglednica 11, slika 9):

- spomladanski (glavni) in jesenski (drugotni) pretočni višek postajata vse bolj izenačena, ponekod pa je že prišlo do njune zamenjave (zamenjana sta pri Meži in Polskavi, pri Dravinji sta viška izenačena),
- vpliv zimskega snežnega zadržka se je močno zmanjšal in je zelo izrazit le še pri Dravi in Bistrici,
- poletni nižek postaja povsod vedno bolj izrazit,
- novembrske in decembrske vode naraščajo in marsikje presegajo letno povprečje ter kažejo na »zamujanje« zime.

Preglednica 11: Mesečni pretočni količniki v obdobju 1961–1990 in 1991–2018 (modra odtenka – glavni in drugotni nižek, rdeča odtenka – glavni in drugotni višek) ter stopnja povezanosti med obema nizoma na podlagi Pearsonovega koeficienta korelacije.

vodotok	vodomerna postaja	niz	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december	Pearsonov koef. korelacije
			1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	1961–1990	
Drava	Dravograd	1961–1990	0,52	0,53	0,65	0,99	1,50	1,68	1,47	1,22	1,09	0,90	0,80	0,65	0,90
		1991–2018	0,67	0,59	0,70	0,94	1,31	1,39	1,23	1,06	1,03	1,09	1,15	0,83	
Meža	Otiški Vrh	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	0,56
		1991–2018	0,87	0,81	1,07	1,18	0,97	0,86	0,83	0,77	0,99	1,03	1,43	1,18	
Bistrica	Muta	1961–1990	0,86	0,60	0,71	1,16	1,33	1,22	1,26	1,08	1,05	0,97	0,90	0,86	0,81
		1991–2018	0,86	0,75	0,86	1,07	1,08	1,04	1,09	1,01	1,13	1,06	1,04	1,01	
Dravinja	Videm	1961–1990	0,94	1,10	1,27	1,41	1,00	0,84	0,85	0,71	0,72	0,94	1,15	1,07	0,71
		1991–2018	0,99	1,08	1,29	1,12	0,88	0,72	0,70	0,58	1,05	1,05	1,27	1,29	
Polskava	Tržec	1961–1990	1,16	1,14	1,29	1,20	0,84	0,81	0,83	0,81	0,72	0,92	1,16	1,13	0,77
		1991–2018	1,02	1,24	1,30	0,99	0,86	0,68	0,72	0,51	0,92	1,13	1,37	1,28	
Pesnica	Zamušani	1961–1990	0,94	1,31	1,71	1,33	0,77	0,74	0,70	0,65	0,61	0,89	1,29	1,06	0,80
		1991–2018	0,92	1,43	1,47	0,98	0,86	0,60	0,59	0,58	0,99	0,92	1,29	1,37	



Slika 9: Sprememba pretočnega režima Meže na vodomerni postaji Otiški Vrh med obdobjema 1961–1990 in 1991–2018.



Intenziteto sprememb mesečnih pretočnih količnikov posameznih rek med obdobjema 1961–1990 in 1991–2018 smo ugotavljali tudi s Pearsonovim koeficientom korelacije (preglednica 11). Rezultati kažejo, da je stopnja povezanosti med obema nizoma pri Meži zmerna (koeficient 0,56), pri Dravinji, Polskavi, Pesnici in Bistrici visoka (koeficienti od 0,71 do 0,81) ter pri Dravi zelo visoka (koeficient 0,90).

Da so spremembe pretočnih režimov med obdobjema 1961–1990 in 1991–2018 zelo izrazite, je v primeru slovenskega Podravja najbolj opazno pri reki Meži (slika 9). Dežni novembrski višek je že močno presegel spomladanske visoke vode, ki so predvsem posledica taljenja snega v gorskem in hribovitem svetu. Hkrati je avgustovski nižek zaradi poletne suše že presegel zimskega, ki je posledica snežnega zadržka.

Razlike mesečnih pretočnih količnikov med obdobjema 1961–1990 in 1991–2018 (preglednica 12) so v veliki meri enotne pri vseh obravnavanih vodotokih slovenskega Podravja. Kažejo na postopno zmanjševanje spomladanskih in poletnih pretokov ter na naraščanje jesenskih in v nekoliko manjši meri tudi zimskih pretokov. Največje upadanje pretokov se pojavlja od aprila do junija, največje naraščanje pa med septembrom in decembrom. Ob večji poznopomladanski evapotranspiraciji je pomemben vzrok za tovrstno dogajanje postopno naraščanje temperature ter posledično tanjša in bolj kratkotrajna snežna odeja. V preteklosti je pomemben delež jesenskih padavin padel v obliki snega, ki je na vodotokih povzročal tako imenovan snežni zadržek ali snežno retinenco, debelejša snežna odeja pa se je v višjih legah talila do pozne pomladi in zgodnjega poletja.

*Preglednica 12: Spremembe mesečnih pretočnih količnikov med obdobjema 1961–1990 in 1991–2018 (modri odtenki kažejo na zmanjševanje količnikov, rdeči odtenki pa na naraščanje).*

vodotok	vodomerna postaja	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december
Drava	Dravograd	0,14	0,07	0,05	-0,05	-0,19	-0,29	-0,25	-0,16	-0,06	0,20	0,35	0,18
Meža	Otiški Vrh	0,20	0,09	0,00	-0,34	-0,23	-0,24	-0,18	0,02	0,06	0,03	0,26	0,32
Bistrica	Muta	0,00	0,14	0,15	-0,09	-0,25	-0,18	-0,17	-0,07	0,07	0,09	0,14	0,15
Dravinja	Videm	0,05	-0,02	0,03	-0,28	-0,12	-0,12	-0,15	-0,13	0,32	0,11	0,12	0,21
Polskava	Tržec	-0,14	0,10	0,02	-0,20	0,02	-0,13	-0,11	-0,30	0,20	0,21	0,22	0,15
Pesnica	Zamušani	-0,02	0,12	-0,24	-0,35	0,10	-0,14	-0,12	-0,07	0,38	0,02	0,00	0,31

## 5 Poplave

Poplavna območja ob Dravi lahko prizadenejo poplave nižinskega tipa, ob njihovih pritokih pa se pojavljajo tudi hodonurniške poplave (Komac, Natek in Zorn 2008). Slednje ne nastajajo zgolj v ozkih grapah hribovitega Pohorskega Podravja, marveč tudi v nizkih gričevjih. Prostorsko-časovna analiza na ravni Slovenije je pokazala, da je v Podravju nastala približno tretjina vseh hodonurniških poplav (Trobec 2016). Posebno nevarni zanje so intenzivni poletni nalivi, ki lahko povzročijo katastrofalne hodonurniške poplave, do kakršnih je prišlo na primer v Halozah v začetku julija 1989 (Natek 1990).

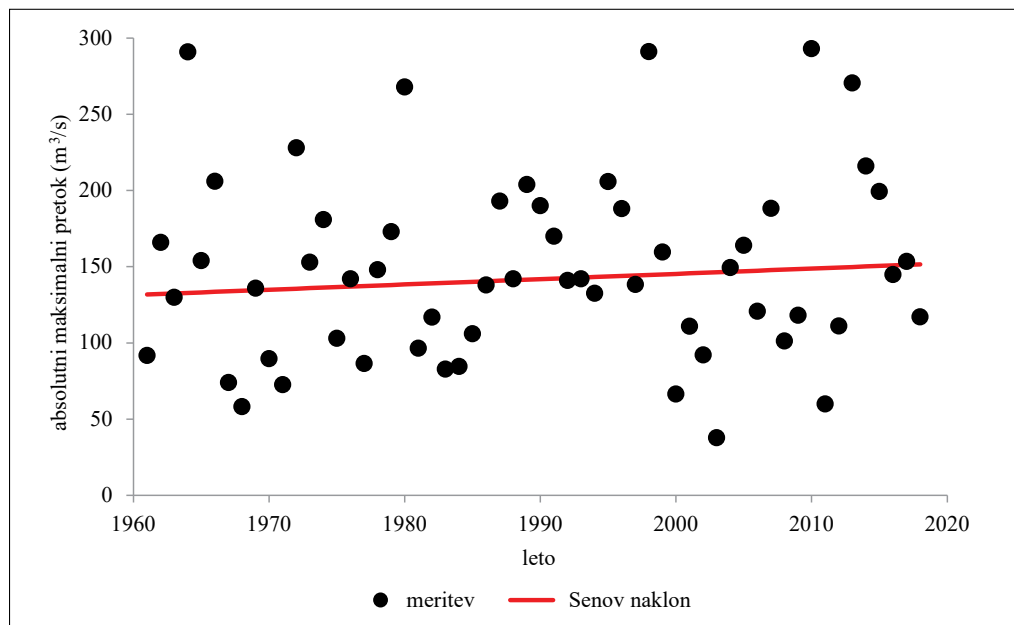
S poplavami so povezani absolutni maksimalni pretoki. Topogledno so skrb vzbujajoči predvsem naraščajoči trendi pri nekaterih vodotokih. Letni trendi absolutnih maksimalnih pretokov so bili v obdobju od 1961 do 2018 pri Dravi, Meži in Bistrici padajoči, pri Dravinji, Polskavi in Pesnici pa je trend naraščajoč (preglednica 13, slika 10). Raven zaupanja je nizka, saj na petih obravnavanih

vodotokih oziroma vodomernih postajah ne dosega niti 90 %. Izjema je le Polskava pri Tržcu, pa še tam je raven zaupanja samo 90 %.

Absolutni maksimalni letni pretoki so se v obravnavanem obdobju 1961–2018 najbolj zmanjšali na Meži pri Otiškem Vrhu in sicer za 28,58 m<sup>3</sup>/s oziroma 20,0 % ter na Bistrici pri Muti za 2,67 m<sup>3</sup>/s oziroma 14,3 %. Manj kot 10 % relativnega upada absolutnih maksimalnih letnih pretokov beleži Drava pri Dravogradu (–113,77 m<sup>3</sup>/s oziroma –9,1 %), manj kot 10 % relativnega naraščanja pa Pesnica pri Zamušanih (5,16 m<sup>3</sup>/s oziroma 7,4 %). Absolutni maksimalni letni pretoki so se najbolj povečali na Polskavi pri Tržcu za 14,56 m<sup>3</sup>/s oziroma 65,2 % in na Dravinji pri Vidmu za 19,79 m<sup>3</sup>/s oziroma 15,0 %.

Preglednica 13: Trendi absolutnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018.

vodotok	vodomerna postaja	Mann-Kendallov test	raven zaupanja	Senov naklon	trendno stanje 1961	trendno stanje 2018	trendna razlika 1961–2018	trendna razlika 1961–2018
		Z	%	Q	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	%
Drava	Dravograd	–0,66	pod 90,0	–1,996	1246,96	1133,19	–113,77	–9,12
Meža	Otiški Vrh	–1,23	pod 90,0	–0,501	143,27	114,69	–28,58	–19,95
Bistrica	Muta	–0,79	pod 90,0	–0,047	18,69	16,02	–2,67	–14,29
Dravinja	Videm	0,76	pod 90,0	0,347	131,76	151,55	19,79	15,02
Polskava	Tržec	1,94	90,0	0,256	22,35	36,91	14,56	65,15
Pesnica	Zamušani	0,24	pod 90,0	0,090	69,52	74,68	5,16	7,42



Slika 10: Trend absolutnih maksimalnih letnih pretokov Dravinje pri vodomerni postaji Videm v obdobju od 1961 do 2018.

Z vidika pojavljanja poplav so nas zanimali tudi koeficienti variacije absolutnih maksimalnih letnih pretokov med obdobjema 1961–1990 in 1991–2018. Koeficienti variacije namreč kažejo razpršenost podatkov – večji kot je koeficient, večja je razpršenost (Sagadin 2003). Izračuni so pokazali, da so se v obdobju od 1991 do 2018 koeficienti variacije povečali pri Dravi, Meži, Bistrici in Dravinji, zmanjšali pa so se pri Polskavi in Pesnici. Z vidika koeficientov variacije lahko pri Dravi, Meži, Bistrici in Dravinji pričakujemo večje odklone absolutnih maksimalnih letnih pretokov, torej tudi »katastrofalne« dogodke.

Na sliki 10, ki prikazuje trend absolutnih maksimalnih letnih pretokov Dravinje pri vodomerni postaji Videm, se na primer trendna črta giblje med 131,8 m<sup>3</sup>/s in 151,6 m<sup>3</sup>/s, posamezne letne vrednosti pa navzgor močno odstopajo. V letih 1964, 1980, 1998, 2010 in 2013 so absolutni maksimalni pretoki dosegli skoraj 300 m<sup>3</sup>/s. Pri Dravinji je to še posebej zaskrbljujoče, saj je njeno poplavno območje po površini (6554 ha) drugo največje v Sloveniji (Natek 2005).

Pri možnem pojavljanju poplav moramo izpostaviti tudi višanje jesenskega pretočnega viška, ki ponekod že presega spomladanskega, saj naraščajo predvsem novembrske in decembrske vode kot posledica »zamujanja« zime. Hkrati postaja poletni (avgustovski) nižek vse nižji (preglednica 11). Prvo nam kaže na povečanje možnosti visokih vod in poplav v jesenskih mesecih in hkrati njihovo manjšo možnost spomladi. Drugo pa na pojavljanje poletnih suš. O večji možnosti pojavljanja poplav v jesenskih in zimskih mesecih poročajo tudi drugi (Lóczy, Dezső in Gyenizse 2017; Žibera 2017).

Niso pa zgolj podnebne spremembe tiste, ki vplivajo na spremembe hidrološkega režima in posledično na pojavljanje poplav. Pozabiti ne smemo na antropogene vplive, na primer spremembe rabe tal, regulacijske posege, pregrade in urbanizacijo (Uлага 2002; Bormann 2010; Zampieri in sod. 2015; Šraj, Menih in Bežjak 2016). Pri tem smo posebej izpostavili reko Bistrico glede odvzema vode. Nevarnost za poplave lahko povečajo napačne odločitve upravljavcev hidroenergetskih objektov, kot se je zgodilo novembra 2012. Zaradi napačnih odločitev avstrijskih upravljavcev hidroelektrarn na Dravi, so ob Dravi v Sloveniji nastale najhujše poplave v zgodovini meritev (Zorn 2018). K poplavni varnosti v Podravju tudi ne pripomore neustrezna raba tal, predvsem gradnja na poplavnih območjih (Žibera 2014).

## 6 Sklep

Poglavitna spoznanja o spremembah izbranih podnebnih in hidroloških spremenljivk v obdobju med letoma 1961 in 2018 v veliki meri sovpadajo s predstavljenimi trendi drugih avtorjev (na primer Uлага 2002; Uhan 2007; Frantar, Kobold in Uлага 2008; Uлага, Kobold in Frantar 2008a; 2008b; Kobold, Dolinar in Frantar 2012; Kovačič, Kolega in Brečko Grubar 2016; Makor 2016; Hrvatin in Zorn 2017a; 2017b; 2018) in jih lahko strnemo takole:

- Povprečna letna temperatura zraka je v obdobju od 1961 do 2018 na vseh petih obravnavanih temperaturnih postajah v povprečju letno narasla od 0,043 do 0,047 °C, kar pomeni, da se je v tem času ozračje segrelo za okoli 2,5 °C. Temperaturna razlika je najmanjša na postaji Starše, kjer je temperatura v šestih desetletjih narasla za 2,44 °C in največja na postaji Maribor - Tabor, kjer je temperatura narasla za 2,68 °C.
- Letna količina padavin se je v obdobju od 1961 do 2018 na osemnajstih od petindvajsetih padavinskih postaj zmanjšala. Večina razlik v letni količini padavin je razmeroma skromnih, saj na dvajsetih padavinskih postajah od petindvajsetih razlike ne presegajo 10 %. Padajoč trend letne količine padavin je najbolj izrazit na Svetem Duhu na Ostrem vrhu, Mariboru - Taboru in Ptujju (razlike presegajo -10 %), naraščajoči trend pa na Kozjem Vrhu in Svetem Primožu nad Muto (razliki presegata +10 %).
- Letno število dni s padavinami nad 0,1 mm je v obdobju od 1961 do 2018 na devetih padavinskih postajah naraslo in na petnajstih upadlo, na postaji na Remšniku pa je ostalo nespre-

- menjeno. Pri enajstih padavinskih postajah so negativna ali pozitivna trendna odstopanja manjša in ne dosejajo 10 %. Izrazitejše upadanje beležijo postaje Strojna, Oplotnica in Ribnica na Pohorju (razlike od -30 do -20 %), naraščanje pa je največje na postajah Koprivna, Dravograd in Kozji Vrh (razlike okoli +20 %).
- Število dni s snežno odejo se je v obravnavanem obdobju 1961–2018 na vseh padavinskih postajah močno zmanjšalo. Večinoma (na šestnajstih od petindvajsetih padavinskih postaj) se je število dni s snežno odejo skrajšalo za 40 do 60 % oziroma za 25 do 61 dni. Trajanje snežne odeje se je najmanj skrajšalo v Slovenskih Konjicah, Žetalah in Oplotnici (od 25 do 27 dni), najbolj pa se je skrajšalo na Strojni, Šmartnem pri Slovenj Gradcu in v Ribnici na Pohorju (povsod več kot 50 dni).
  - Trendi povprečnih minimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so pri vseh šestih vodotokih izrazito padajoči, saj trendna razlika povsod presega vsaj 17 %. Povprečni minimalni pretoki dravskih pritokov so se zmanjšali za 0,31 do 1,60 m<sup>3</sup>/s, povprečni minimalni pretok Drave pa se je zmanjšal za 33,59 m<sup>3</sup>/s. V relativnem smislu beležijo Drava in Meža upad od 15 do 20 %, Dravinja, Polskava in Pesnica upad od 25 do 30 %, pri Bistrici z velikim antropogenim vplivom pa upad presega celo 60 %.
  - Trendi povprečnih srednjih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so na vseh šestih vodotokih padajoči. Srednji letni pretoki dravskih pritokov so se zmanjšali za 0,33 do 3,26 m<sup>3</sup>/s, srednji letni pretok Drave pa je upadel za 34,00 m<sup>3</sup>/s. V relativnem smislu beleži večina vodotokov upad od 10 do 25 %, bistveno večji upad zaradi dodatnega odvzema vode je opazen le na Bistrici (-63,5 %).
  - Trendi povprečnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so na štirih vodotokih padajoči, na dveh pa je trend naraščajoč. Med rekami z negativnim trendom so se pretoki najbolj zmanjšali na Bistrici (-58 %) in Meži (-29 %) ter precej manj na Dravi (-4 %) in Dravinji (-2 %). Pri rekah s pozitivnim trendom so se pretoki povečali na Polskavi (13 %) in Pesnici (2 %).
  - Trendi absolutnih maksimalnih letnih pretokov v obdobju od 1961 do 2018 so na treh vodotokih padajoči, na treh pa je trend naraščajoč. Med rekami z negativnim trendom so se pretoki najbolj zmanjšali na Meži (-20 %) in Bistrici (-14 %), med rekami s pozitivnim trendom pa so se pretoki najbolj povečali na Polskavi (65 %) in Dravinji (15 %). Trend absolutnih maksimalnih letnih pretokov reke Drave je rahlo padajoč (-9 %).
  - Primerjava pretočnih režimov na temelju podatkovnega niza od 1991 do 2018 s pretočnimi režimi na temelju podatkovnega niza od 1961 do 1990 kaže, da postajata spomladanski (glavni) in jesenski (drugotni) pretočni višek vse bolj izenačena, ponekod pa je že prišlo do njune zamenjave (zamenjana sta pri Meži in Polskavi, pri Dravinji sta viška izenačena). Vpliv zimskega snežnega zadržka se je močno zmanjšal in je zelo izrazit le še pri Dravi in Bistrici. Poletni nižek postaja povsod vedno bolj izrazit, novembrske in decembrske vode pa naraščajo in marsikje presegajo letno povprečje ter kažejo na »zamujanje« zime.
  - Naraščanje absolutnih maksimalnih letnih pretokov in večanje odklonov absolutnih maksimalnih letnih pretokov pri nekaterih rekah ter naraščanje jesenskih pretokov, kljub skupaj manjšim količinam vode, lahko pomenijo večjo poplavno nevarnost.

*Zahvala: Raziskava je bila izvedena v okviru raziskovalnega programa »Geografija Slovenije« (P6-0101), ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije ter v okviru mednarodnega raziskovalnega projekta »Primerni ekološki ukrepi na področju poplavne nevarnosti v hribovitem območju Madžarske in Slovenije« (N6-0070), ki ga financirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in madžarska Nacionalna agencija za raziskave, razvoj in inovacije.*

## 7 Viri in literature

- Arhiv hidroloških podatkov. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2019. Medmrežje: <http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/>; [http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski\\_arhiv.html](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html) (26. 9. 2019).
- Arhiv meteoroloških podatkov. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2019. Medmrežje: <http://meteo.arso.gov.si/> (30. 10. 2019).
- Balant, B., Brglez, M., Močnik, Z., Ušeničnik, B., Volk, M. 1999: Mednarodna vaja Golica-Koralpe-98. Ujma 13.
- Berchtold-Ogris, M. 2001: Porečje Drave. Die Drau is eine Frau/Drava je svoja frava. Celovec.
- Berchtold-Ogris, M., Etner, B., Verdel, H. 2001: Uvod. Die Drau is eine Frau/Drava je svoja frava. Celovec.
- 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>
- Frantar, P. 2005: Pretočni režimi slovenskih rek in njihova spremenljivost. 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.
- 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>
- Hrvatin, M. 1998: Pretočni režimi v Sloveniji. *Geografski zbornik* 38.
- Hrvatin, M. 2007: Drava. Le Alpi, il grande dizionario. Scarmagno.
- Hrvatin, M., Zorn, M. 2017a: Trendi temperatur in padavin ter trendi pretokov rek v Idrijskem hribovju. *Geografski vestnik* 89-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV89101>
- Hrvatin, M., Zorn, M. 2017b: Trendi pretokov rek v slovenskih Alpah med letoma 1961 in 2010. *Geografski vestnik* 89-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV89201>
- Hrvatin, M., Zorn, M. 2018: Recentne spremembe rečnih pretokov in rečnih režimov v Julijskih Alpah. *Triglav* 240. Ljubljana.
- Klaneček, M. 2013: Poplave 5. novembra 2012 v porečju Drave. Ujma 27.
- Kobold, M., Dolinar, M., Frantar, P. 2012: Spremembe vodnega režima zaradi podnebnih sprememb in drugih antropogenih vplivov. I. kongres o vodah Slovenije. Ljubljana.
- Kobold, M., Polajnar, J., Pogačnik, N., Petan, S., Sušnik, M., Lalić, B., Šupek, M., Strojan, I., Jeromel, M. 2013: Poplave v oktobru in povodenj v novembru 2012. 24. Mišičev vodarski dan. Maribor.
- Kolbezen, M. 1991: Velike poplave in povodnji na Slovenskem I. Ujma 5.
- Komac, B., Natek, K., Zorn, M. 2008: Geografski vidiki poplav v Sloveniji. *Geografija Slovenije* 20. 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., Šuštar, V. 2011: Parametrični in neparametrični pristopi za odkrivanje trenda v časovnih vrstah. *Acta agriculturae Slovenica* 97-3.
- Lóczy, D., Dezső, J., Gyenizse, P. 2017: Climate change in the eastern Alps and the flood pattern of the Drava river. *Ekonomika i ekohistorija* 13.
- Makor, S. 2016: Trendi spreminjanja pretokov rek v Sloveniji. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Natek, K. 1990: Geomorfološke značilnosti usadov v Halozah. Ujma 4.

- Natek, K. 2005: Poplavna območja v Sloveniji. Geografski obzornik 52-1.
- Perko, D. 1998: The regionalization of Slovenia. Geografski zbornik 38.
- Petrić, H., Obadić, I. 2007: Drava River flooding in Varaždin and Koprivnica parts of Podravina (Drava River Region - between Croatia and Hungary) in the period 17th–19th century. Podravina 6.
- Sagadin, J. 2003: Statistične metode za pedagoge. Maribor.
- 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.
- 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>
- Trobec, T. 2016: Prostorsko-časovna razporeditev hudourniških poplav v Sloveniji. Dela 46. DOI: <https://doi.org/10.4312/dela.46.5-39>
- Uhan, J. 2007: Trendi velikih in malih pretokov rek v Sloveniji. 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.
- Zampieri, M., Scocimarro, 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>
- Zorn, M. 2018: The economic role of the Drava River in Slovenia: From navigation to hydropower. Podravina 17-33.
- Žiberna, I. 2014: Raba tal na območjih z veliko poplavno nevarnostjo v Sloveniji. Revija za geografijo 9-2.
- Žiberna, I. 2017: Trendi vodne bilance v severovzhodni Sloveniji v obdobju 1961–2016. Geografije Podravja. Maribor.