

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Univerzitetni program Vodarstvo in
komunalno inženirstvo

Kandidat:

Matija Jurko

Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek

Diplomska naloga št.: 120

Mentor:
prof. dr. Matjaž Mikoš

Somentor:
asist. dr. Mira Kobold

Ljubljana, 28. 5. 2009

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **MATIJA JURKO** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»STATISTIČNA ANALIZA TRENDOV ZNAČILNIH PRETOKOV SLOVENSКИH
REK«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
separatoteke FGG.

Ljubljana, 15.4.2009

IZJAVA O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali predavatelji vodarstva in komunalnega inženirstva:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	519.22:556.535(043.2)
Avtor:	Matija Jurko
Mentor:	Prof. dr. Matjaž Mikoš, dr. Mira Kobold
Naslov:	Statistična analiza trendov značilnih pretokov slovenskih rek
Obseg in oprema:	65 str., 11 pregl., 21 sl.
Ključne besede:	pretoki, podnebne spremembe, hidrologija, trendi, Mann-Kendallov test, statistična analiza

Izvleček

Trendi v pretokih so pomembni z vidika zaznavanja podnebnih sprememb in upravljanja z vodami. Diplomsko delo obsega statistično analizo trendov pretokov slovenskih rek z uporabo povprečnih letnih nizkih, srednjih in visokih indeksov pretokov, izračunanih iz časovne vrste srednjih dnevni pretokov z uporabo programskega orodja Hydrospect, ki je bil razvit pod okriljem WMO za potrebe zaznavanja sprememb v hidroloških podatkih (Kundzewicz in Robson, 2000). Za oceno trenda v nizih podatkov o pretokih je bil uporabljen Mann-Kendallov test. Uporabljeni indeksi pretokov za oceno spreminjanja pretokov v času vključujejo analize srednjih letnih pretokov, največjih letnih srednjih dnevni pretokov, velikih pretokov nad pragom (v povprečju ena oz. tri vrednosti letno – POT1 in POT3) ter dveh indeksov nizkih pretokov z različnim trajanjem nizkih pretokov (najmanjši letni 7- in 30-dnevni pretoki). V analizo so zajeti pretoki s 77 vodomernih postaj, reprezentativno razporejenih po vsej Sloveniji. Podobnost med obnašanjem vodotokov v zadnjih 30 letih je izračunana na podlagi razdalje Manhattan in Wardove metode razvrščanja v skupine. Potrjena je hipoteza o splošnem zmanjševanju vodnih količin slovenskih rek. Srednji dnevni pretoki večine analiziranih postaj kažejo na statistično značilen padajoči trend. Podobne rezultate z manjšo statistično značilnostjo kažejo najmanjši letni 7- in 30-dnevni pretoki. Analiza poplavni indeksov kaže na nekoliko več postaj s statistično značilnim trendom upadanja pretokov kot s trendom naraščanja pretokov. Statistično značilne padajoče trende izkazujejo predvsem postaje z visokogorskim in kraškim zaledjem.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 519.22:556.535(043.2)
Author: Matija Jurko
Supervisor: Prof. dr. Matjaž Mikoš, dr. Mira Kobold
Title: Statistical analysis of streamflow trends in Slovenia
Notes: 65 p., 22 tab., 11 fig.
Key words: streamflow, climate changes, hydrology, trends, Mann-Kendall test, statistical analysis

Abstract

Analyzing streamflow trends is of great importance to the understanding and perception of climate changes as well as effective water management. In the statistical analysis of streamflow trends in Slovenian rivers, available data on the low, mean and high discharges were examined using mean daily discharges and the Hydrospect software, which was developed under the auspices of WMO for detecting changes in hydrological data (Kundzewicz and Robson, 2000). The Mann-Kendall test was applied for the estimation of trends in the river flow index series. The analysis was carried out for 77 water gauging stations representatively distributed across Slovenia with sufficiently long and reliable continuous data sets. Different indices were used to assess the temporal variation of discharges: annual mean daily discharge, annual maximum daily discharge, two frequency series by peak-over-threshold (POT) approach (POT1 and POT3) and two low flow indices describing the different duration of low flows (7 and 30 days). The clustering method was used to classify the results of trends into groups. The assumption of general decrease of water quantities in Slovenian rivers was confirmed. The annual mean daily discharges of the analyzed water gauging stations show a significant negative trend for the majority of the stations. Similar results with lower statistical significance show annual minimum 7-day and 30-day mean discharge. For the flood indices, there are generally slightly more stations showing a significant negative trend than a significant positive trend. Significant negative trends were seen for gauging stations with predominantly high-mountain and karstic catchment areas.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Matjažu Mikošu.

Zahvaljujem se dr. Miri Kobold, vodji oddelka za hidrologijo površinskih voda na Agenciji Republike Slovenije za okolje za pomoč pri pridobivanju podatkov ter usmerjanje in strokovno pomoč pri pripravi in obdelavi podatkov.

Zahvaljujem se staršema, Neži in prijateljem, ki so mi v času študija zaupali in stali ob strani.

Zahvaljujem se Joji za zaupanje in moralno podporo pri premagovanju študijskih in vsakdanjih ovir.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilji diplomskega dela	1
2	PRETOKI IN TRENDI	2
2.1	Spremljanje trendov pretokov v svetu	2
2.2	Spremljanje trendov pretokov v Sloveniji	5
2.3	Podnebne spremembe	8
2.4	Podnebna spremenljivost in dolžina beleženja podatkov	10
2.5	Analize časovnih vrst	11
2.6	Zaznavanje trendov	12
3	METODOLOGIJA	14
3.1	Testiranje hipotez	14
3.2	Predpostavke	15
3.3	Stopnja značilnosti	15
3.4	Mann-Kendallov test	16
3.5	Vzroki za podnebne spremembe	18
3.6	Program Hydrospect	19
3.7	Razvrščanje v skupine	22
3.7.1	Hierarhična metoda razvrščanja v skupine	23
3.7.2	Dendrogram	24
4	PODATKI	25
4.1	Merjeni pretoki	25
4.2	Uporabljeni podatki	27
4.2.1	Izbor merilnih mest	27
4.2.2	Uporabljeni indeksi pretokov	29
4.2.3	Priprava podatkov	30

5	STATISTIČNA ANALIZA TRENDOV	32
5.1	Trendi srednjih letnih pretokov	34
5.2	Trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov	36
5.3	Trend najmanjših letnih 7-dnevni pretokov	38
5.4	Trend najmanjših letnih 30-dnevni pretokov	40
5.5	Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov (POT1)	42
5.6	Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov (POT3)	44
5.7	Pregled trendov po porečjih	46
5.7.1	Porečje Mure	47
5.7.2	Porečje Drave	48
5.7.3	Porečje Save	50
5.7.4	Porečje Ljubljance	52
5.7.5	Porečje Savinje	53
5.7.6	Porečje Krke	54
5.7.7	Porečje Soče	56
5.7.8	Jadransko povodje	57
5.8	Statistično razvrščanje	59
5.8.1	Postopek statističnega razvrščanja	59
5.8.2	Srednji letni pretoki	60
5.8.3	Največji letni srednji dnevni pretoki	61
5.8.4	Najmanjši letni 7-dnevni pretoki	62
5.8.5	Najmanjši letni 30-dnevni pretoki	63
6	ZAKLJUČEK	64
	VIRI	66
	PRILOGE	72

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Število postaj po področjih	3
Preglednica 2: Vzorec opazovanih sprememb v visokih pretokih	4
Preglednica 3: Stopnja značilnosti za obstoj trendov	32
Preglednica 4: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Mure	47
Preglednica 5: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Drave	49
Preglednica 6: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Save	51
Preglednica 7: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Ljubljance	52
Preglednica 8: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Savinje	53
Preglednica 9: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Krke	55
Preglednica 10: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Soče	56
Preglednica 11: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah Jadranskega povodja	58

KAZALO SLIK

Slika 1: Število let podatkov za 27 merilnih mest, vključenih v analizo	6
Slika 2: Potek hierarhičnega razvrščanja podatkov v dendrogramu	24
Slika 3: Delujoča mreža 185 vodomernih postaj v letu 2009	26
Slika 4: Mreža 77 analiziranih vodomernih postaj	27
Slika 5: Prikaz dolžine beleženja pretokov na posameznih postajah	28
Slika 6: Trend srednjih letnih pretokov na posameznih postajah	34
Slika 7: Stopnja značilnosti za obstoj trenda v časovnem nizu srednjih letnih pretokov	35
Slika 8: Trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov na posameznih postajah	36
Slika 9: Stopnja značilnosti za obstoj trendov največjih letnih srednjih dnevni pretokov	37
Slika 10: Trend najmanjših letnih 7-dnevni pretokov	38
Slika 11: Stopnja značilnosti za obstoj trendov najmanjših letnih 7-dnevni pretokov	39
Slika 12: Trend najmanjših letnih 30-dnevni pretokov	40
Slika 13: Stopnja značilnosti za obstoj trendov najmanjših letnih 30-dnevni pretokov	41
Slika 14: Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno (POT1)	42
Slika 15: Stopnja značilnosti za obstoj trenda ekstremnih vrednosti nad pragom (POT1)	43
Slika 16: Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno (POT3)	44
Slika 17: Stopnja značilnosti za obstoj trenda ekstremnih vrednosti nad pragom (POT3)	45
Slika 18: Pregled analiziranih postaj po porečjih	46
Slika 19: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi srednjih letnih pretokov	60
Slika 20: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi največjih letnih srednjih dnevni pretokov	61
Slika 21: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi najmanjših letnih 7-dnevni pretokov	62
Slika 22: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi najmanjših letnih 30-dnevni pretokov	63

1 UVOD

1.1 Namen in cilji diplomskega dela

Porast analiz spremljanja in proučevanja hidroloških podatkov v zadnjih letih gre pripisati vedno pogostejšim ekstremnim hidrološkim dogodkom. Vse pogostejše poletne suše, katastrofalne poplave in naraščajoči stroški elementarnih nesreč spodbujajo ugibanja o možnih razlogih za takšne dogodke. Izsledki dosedanjih analiz o statistično značilnih trendih upadanja pretokov niso enotni, različna pa so tudi orodja za določanje trendov. Kljub velikemu številu različnih metod za zaznavanje trendov ni na voljo enotne metodologije, kar poleg problemov zaznavanja trendov otežuje primerljivost rezultatov dosedanjih analiz.

Rezultati obstoječih analiz statistično značilnih trendov v hidroloških podatkih vključujejo podatke o različnih indeksih pretokov ter podatke o obstoju statistično značilnih povezav trendov pretokov, padavin in temperatur (Lettenmaier, 1994; Burn et al., 2002; Burn in Cunderlik, 2004; Birsan et al., 2005). Kljub naraščanju števila povodij s statistično značilnimi trendi pa številne študije (Zhang et al., 2001; IPCC, 2001; GRDC, 2004) obstoj statistično značilnih trendov ne potrjujejo bodisi zaradi neobstoja trenda, bodisi zaradi nezmožnosti ločitve naravnih sprememb v temperaturi in padavinah od vpliva človeških posegov na povodje.

Analiza trendov različnih indeksov pretokov daje osnovne informacije o obnašanju pretokov v daljših časovnih obdobjih. Podatki o pretokih odražajo klimatska stanja, njihove spremembe pa so odraz podnebnih sprememb, zaradi česar so trendi pretokov z vidika zaznavanja podnebnih sprememb in upravljanja z vodami izjemnega pomena. Statistična analiza trendov v podatkih o pretokih slovenskih vodotokov, s katero se bomo ukvarjali v okviru te naloge, predstavlja časovno spremenljivost pojavov (pretokov) in značilnost spreminjanja.

2 PRETOKI IN TRENDI

Trend je splošna sistematična komponenta, ki se spreminja v času in se ne ponovi (Bajec, 2000). Z vidika zaznavanja podnebnih sprememb in upravljanja z vodami so trendi v režimih pretokov izrednega pomena. Glede na porast ekstremnih hidroloških dogodkov, ki smo jim priča v zadnjih letih, je odkrivanje trendov pomembnega znanstvenega in praktičnega pomena. Ob tem se pojavlja vprašanje, v kolikšnem obsegu lahko porast poplavne nevarnosti in ogroženosti beležimo z analizami časovnih vrst hidroloških spremenljivk ter ali ga lahko povežemo s podnebno spremenljivostjo in podnebnimi spremembami.

2.1 Spremljanje trendov pretokov v svetu

Dolgotrajne suše in uničujoče poplave v zadnjih desetletjih po vsem svetu povzročajo izredno veliko materialno škodo. Pojavlja se vprašanje, v kolikšnem obsegu lahko porast poplavne nevarnosti in ogroženosti beležimo z analizami časovnih vrst hidroloških spremenljivk ter ali ga lahko povežemo s podnebno spremenljivostjo in podnebnimi spremembami.

Številne napovedi (Arnell, 1996; Qader, 2002; Labat et al., 2004; GRDC, 2004) za prihodnost kažejo na pričakovano povečanje obsega in intenzitete padavin in poplavnih nevarnosti v toplejših podnebnih območjih, kljub temu pa opazovani podatki ne nudijo trdnih dokazov o vplivu podnebnih sprememb na rečni pretok. Številne študije (Singh, 1996; Burn in Elnur, 2002; Kahya in Kalayci, 2004) podpirajo hipotezo o naraščanju števila uničujočih poplav, hkrati pa nekatere študije (Zhang et al., 2001; Milly et al., 2005) poročajo o upadanju števila ekstremnih pretokov.

Svetovni center za podatke o pretokih (GRDC, 2004) je v letu 2003 opravil študijo časovnih spremenljivk največjih letnih srednjih dnevni pretokov po svetu, v kateri je bilo izmed več kot 1000 vodomernih postaj s podatki srednjih dnevni pretokov izbranih 195 nizov na podlagi dolžine časovnih vrst (vsaj 40 let), aktualnosti, manjkajočih vrednosti ter ustreznosti geografske porazdelitve (*Preglednica 1*).

Preglednica 1: Število postaj po področjih (vir: GRDC, 2004)

Table 1: Number of stations in regions

Področje	število postaj
Afrika	4
Azija	8
Južna Amerika	3
Severna Amerika	70
Avstralija in Pacifik	40
Evropa	70
SKUPAJ	195

Analiza izbranih časovnih vrst največjih letnih srednjih dnevni pretokov ne podpira hipoteze o vsesplošnem svetovnem naraščajočem trendu visokih pretokov. Izračun z Mann-Kendallovim testom je namreč pokazal, da je kljub 27 primerom močnega in statistično značilnega povečanja prisotnih tudi 31 nizov s trendom nižanja ter 137 nizov, ki ne kažejo statistično značilnih sprememb, opaženi pa so regionalni vzorci.

Izmed slovenskih postaj so bili v analizo vključeni podatki o srednjih dnevni pretokih Krke v Podbočju s podatki od leta 1933, Save v Radovljici in Soče v Solkanu s podatki od leta 1945 ter Ljublanice v Mostah in Mure v Gornji Radgoni s podatki od leta 1946. Izmed analiziranih slovenskih postaj je bil opažen statistično značilen trend upadanja pretokov le na postaji Podbočje na Krki.

Medvladni forum o podnebnih sprememba IPCC je leta 2001 objavil povzetek nekaterih analiz trendov v svetu (*Preglednica 2*). Izkazalo se je, da je možno, da so spremembe prisotne, nimamo pa na voljo zadostnih dokazov, da bi jih zaznali. V primeru šibkega trenda mora biti niz podatkov zelo dolg, če želimo ta trend zaznati.

Preglednica 2: Vzorec opazovanih sprememb v visokih pretokih (IPCC, 2001)

Table 2: Sample of observed changes in high flows

Lokacija	Trajanje	Opazovane spremembe	Referenca
Ren v Kölnu	1890-2000	Pozitiven trend letnih maksimalnih vrednosti	Engel (1997)
Reke na JZ Nemčije	Zadnjih nekaj desetletij	Povečana frekvenca pojavljanj mokre (zahodni cikloni) atmosferske cirkulacije pozimi, ki se kaže v visokih pretokih	Bardossy in Caspary, 1990)
Štiri reke v Nemčiji	Dolgočasovne serije	Zabeleženo je nedavno povečanje razsežnosti poplav. 100-letne poplave iz starejših podatkov ustrezajo precej nižjim povratnim dobam (med 5 in 30-letnimi poplavami) novejših podatkov.	Caspary (2000)
Reke v Avstriji	1952-1991	Analiza celotnega 40-letnega obdobja izkazuje pozitiven trend v 66,3% primerov pomembnim trendom.	Nobilis in Lorenz (1997)
Reka Tay na Škotskem	1978-1997	Število poškodovanih brežin zaradi poplavnih dogodkov se je od obdobja 1978/9 do 1987/7 do obdobja 1988/9 do 1996/7 povečala za kar 5x.	Gilvear in Black (1999)
Štiri reke na Škotskem	Zadnjih 30 let	Splošno povečanje rečnih pretokov (vključno z maksimumi), z opaznim povečanjem glede na povečanje padavin v enakem časovnem obdobju.	Mansell (1996)
Združeno Kraljestvo, okrog 600 vodotokov	Dolgočasovne serije (od 15 do več kot 100 let)	Opazna ne-stacionarnost letnih maksimumov in konic spremenljivk. Več pojavov povečanja kot pojavov zmanjšanja poplav, še posebej na Škotskem in JV Anglije.	Robson in Reed (1996)
Reke v Zgornjem Missisippiju, Spodnjem Missisippiju ter Illinoisu	Dolgočasovne serije (do 120 let)	Analize pod-setov podatkov stari-novi in novi-stari (dolžine med 10 in 100 let) so pokazale več pomembnih in tipično naraščajočih trendov.	Olsen et al. (1999)

V letu 2005 je bila izdelana študija trendov pretokov v Švici (Birsan et al., 2005). Predstavljena je statistična analiza trendov srednjih dnevni pretokov z 48 povodij v Švici z nemotenim odtočnim režimom za tri časovna obdobja – sklope. Za vsako postajo so identificirani statistično značilni trendi na letni in sezonski ravni. Rezultati analize so pokazali, da so naraščajoči trendi v letnih pretokih v Švici prevladujoči za vsa analizirana obdobja.

V letu 2004 opravljena analiza hidroloških trendov in spremenljivosti na povodju reke Liard v Kanadi se je osredotočila na analizo hidroloških trendov in spremenljivosti povodja, ki leži na severu Kanade (Burn in Cunderlik, 2004). Trendi in spremenljivost hidroloških spremenljivk so ocenjeni z Mann-Kendallovim statističnim testom za trend, izvedene pa so bile tudi podatkovne analize za pregled odnosa med hidrološkimi spremenljivkami in podnebnimi

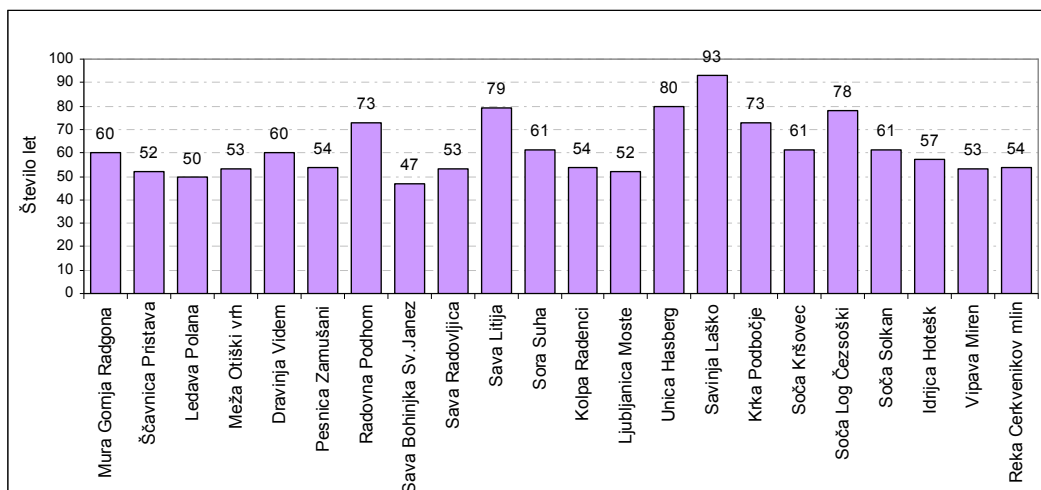
faktorji. Analiza je pokazala, da reko Liard zaznamuje povečevanje pretokov v zimskih mesecih, zmanjšanje pretokov v poletnih mesecih, zgodnji nastop spomladanskih povodnji ter povezan zgodnji pojav najvišjega pomladnega pretoka. Statistično značilni trendi v časovnem nastopu spomladanskih povodnji so povezani z opazovanimi naraščajočimi trendi spomladanskih temperatur na obravnavanem območju.

2.2 Spremljanje trendov pretokov v Sloveniji

V Sloveniji je bilo v zadnjih letih izdelanih kar nekaj študij z namenom ugotovitve prisotnosti trendov v podatkih o pretokih. Pri opravljenih analizah povprečnih letnih pretokov slovenskih rek na Agenciji RS za okolje, je bil statistično značilen regionalni trend odkrit predvsem pri pretokih rek v severozahodnem alpskem delu Slovenije (Uhan, 2002; Frantar in Uhan, 2003; Uhan et al., 2006), kjer so razmere za ocenjevanje vplivov podnebnih sprememb na posamezne elemente vodnega cikla zaradi majhnih antropogenih vplivov na odtočnost ugodne. V takih območjih je mogoče spremljati in analizirati naravno časovno spremenljivost pretokov.

Leta 2007 je bila izdelana študija o hidroloških lastnostih prostora reke Mure v Sloveniji (Globevnik, 2007) z namenom analize trendov in stanja reke Mure z analizo 65-letne sezonske hidrološke dinamike. Analiza hidroloških podatkov kaže na velike spremembe v zadnjih desetletjih. Največji letni pretoki kažejo trend naraščanja, število dni s temi pretoki pa se zmanjšuje. Povprečja srednjih in nizkih voda se manjšajo, število dni z nizkimi pretoki pa se povečuje. Analiza 65-letne sezonske dinamike odtoka vode iz območja prostora reke Mure v Sloveniji kaže na razmeroma konstanten odtok iz območja, ki pa se je v zadnjem obdobju močno zmanjšal, kar kaže na veliko zmanjšanje naravnih zadrževalnih sposobnosti rečnega prostora Mure pod Petanjci.

Celovitejši pregled trendov pretokov na območju Slovenije daje v letu 2008 izdelana analiza časovnih sprememb vodnih količin slovenski rek Agencije Republike Slovenije za okolje (Ulaga, Kobold, 2008). Obravnavani so mali, srednji in veliki pretoki na 22 vodomernih postajah, podatki pa so bili izbrani na podlagi razpoložljive dolžine časovnih nizov, zanesljivosti in reprezentativne razporejenosti po Sloveniji (*Slika 1*).



Slika 1: Število let podatkov za 27 merilnih mest, vključenih v analizo (vir: ARSO, 2008)

Figure 1: The water gauging stations selected for trend analysis

Analiziranih je bilo pet indeksov pretokov za opis poplav in trije indeksi pretokov za opis malih pretokov. Testiranje podatkov o pretokih na trend je bilo opravljeno z linearno regresijo, ki je primerljiva z Mann-Kendallovim testom. Analiza najmanjših letnih pretokov različnih trajanj zajema analizo najmanjših letnih enodnevnih, 7- in 30-dnevnih pretokov. Opazna je značilnost sušnih obdobj in pojavov hidroloških suš, ki so bile v zadnjem desetletju pogoste. Za opisovanja pogostosti visokih voda sta bila uporabljena indeksa konic nad pragom POT1 mag in POT3 mag, indeksa ocene trenda pogostosti poplavnih voda POT1 freq in POT3 freq, ki opisujeta velikost in pogostost večine ekstremnih poplav, ter indeks največjih letnih srednjih dnevnih pretokov. Za opis srednjih pretokov je bil uporabljen indeks srednjih letnih pretokov.

Trend srednjih letnih pretokov je na vseh izbranih postajah padajoč, z izjemo postaj Mure, Dravinje, Sore, Soče v Solkanu in Vipave, pa vsi ostali vodotoki ne glede na dolžino upoštevane niza izkazujejo statistično značilno upadanje količin vode. Analiza najmanjših

srednjih dnevnih pretokov kaže na statistično značilen trend upadanja predvsem na izbranih vodomernih postajah z gorskim zaledjem. Trendi največjih letnih srednjih dnevnih pretokov izkazujejo manjšo statistično značilnost kot trendi srednjih letnih pretokov. Večina obravnavanih postaj izkazuje padajoč trend, ki je statistično značilen le na Ledavi in Meži, pritokih Save ter na vodomernih postajah zgornje Soče, medtem ko neznačilen rastoč trend izkazuje le Dravinja in Ščavnica.

Rezultati kažejo na splošno zmanjševanje vodnih količin, pri čimer trendi povsod po Sloveniji niso statistično značilni, niti niso povsod padajoči. Trend srednjih letnih pretokov kaže na to, da se letna količina razpoložljive vode zmanjšuje, saj je na vseh analiziranih merilnih mestih trend padajoč (negativen). Trend najmanjših letnih pretokov je na več merilnih mestih statistično negativen (predvsem na izbranih vodomernih postajah z gorskim zaledjem), veliko pa je tudi merilnih mest, kjer sprememb v najmanjšem srednjem dnevnem pretoku ni opaziti, ali pa so trendi celo pozitivni. Trendi visokih pretokov izkazujejo manjšo statistično značilnost kot trendi srednjih dnevnih pretokov, prav tako indeks izrazitosti pojavljanja ekstremov v povprečju ene visoke konice letno. Pri indeksu izrazitosti pojavljanja ekstremov v povprečju tri visoke vode na leto se število postaj z naraščajočim trendom poveča. Pogostost ekstremov indeksov POT1 freq in POT3 freq kaže v pretežni meri na negativen trend, ki je statistično značilen za skoraj polovico merilnih mest.

V diplomskem delu so zajete vse postaje zgoraj omenjene analize ARSO, zaradi želje po čim večji pokritosti Slovenije pa je dodanih še 55 vodomernih postaj, skupno torej 77 (*Priloga A*). Poleg razširjenega števila postaj se analiza trendov razlikuje v metodi testiranja podatkov o pretokih na trend. Testiranje podatkov o pretokih na trend je bilo v analizi ARSO opravljeno z linearno regresijo, sam pa sem v diplomskem delu uporabil Mann-Kendallov test na trend. Primerjava obeh metod za izračun trenda ni pokazala bistvenih odstopanj, s čimer je potrjen pravilen izbor metodologije in pravilen izračun trendov. V diplomskem delu sem analizo trendov razširil z razvrstitvijo obravnavanih postaj v skupine glede na obnašanje srednjih letnih pretokov v obdobju zadnjih 30 let. Rezultati razvrščanja so prikazani v obliki dendrogramov, na karti Slovenije pa je prikazana razvrstitev postaj v pet skupin za indekse nizkih, srednjih in visokih pretokov.

2.3 Podnebne spremembe

Podnebje (klima) je zelo kompleksen pojem, saj ga določa stanje podnebnega sistema, ki ga poleg atmosfere sestavljajo še hidrosfera, kriosfera, biosfera in njihove interakcije. Podnebje se spreminja kot posledica notranje spremenljivosti v samem podnebnem sistemu in zunanjih vplivov – naravnih in antropogenih. V preteklosti se je podnebje spreminjalo brez posredovanja človeka, kar je naravna spremenljivost podnebja. Vse več je dokazov, da je v zadnjih 200 letih na podnebje začel močno vplivati človek s svojimi dejavnostmi. To dokazujeta že preprosti dejstva, da je na planetu danes šestkrat več ljudi kakor leta 1800 in da v povprečju danes vsak Zemljan porabi sedemkrat več energije kakor pred 200 leti. Človek vse hitreje spreminja sestavo atmosfere in zraven tudi značilnosti zemeljske površine s spremenjeno rabo tal in sekanjem gozdov (Marland et al., 2005). Zaradi kurjenja fosilnih goriv, prometa, gnojenja, smetišč, emisij tovarn in podobnega je v ozračju vse več toplogrednih plinov (CO_2 , CH_4 , N_xO , O_3 ...) in aerosolov, ki vplivajo zlasti na vpijanje sevanja, ki ga oddaja Zemlja. Zaradi toplogrednih plinov se je povprečna globalna temperatura na zemeljskem površju v 20. stoletju zvišala za $0,6 \pm 0,2$ °C, dvig po letu 1970 pa je najizrazitejši – kar 0,5 °C. Podatki za Slovenijo kažejo, da se je v 50-letnem obdobju med leti 1956-2005 povprečna letna temperatura zraka dvignila za 1,4°C, letna količina padavin pa se je zmanjšala za 7% (Kajfež-Bogataj, 2006).

Hipoteza, da podnebne spremembe povečujejo pogostost in neprizanesljivost ekstremnih hidroloških dogodkov, se odraža v zanimanju javnosti o zaznavanju sprememb tudi v pretočnih režimih in odtoku. Vse pogostejše poletne suše in naraščajoči stroški elementarnih nesreč spodbujajo ugibanja o možnih razlogih za takšne dogodke. Trenutno je na razpolago relativno malo konkretnih dokazov o spremembah v pretoku rek in zabeleženih poplavnih konicah kot posledici podnebnih sprememb. Pojavljajo se namreč problemi z močno naravno spremenljivostjo ter dostopnostjo in kvaliteto podatkov. Iskanje šibke spremembe v časovnih nizih hidroloških podatkov, ki so podvrženi močni naravni spremenljivosti, je težko opravilo, pri tem pa je bistvenega pomena uporaba dobre in kvalitetne metodologije ter ustreznih podatkov. Upadanje pretokov je v prvi vrsti posledica upadanja letne količine padavin in porasta povprečne letne temperature zraka ter z njo povezane večje evapotranspiracije. Dvig

povprečne temperature zraka se namreč odraža v dvigu temperature voda v vodotokih, kar neposredno vpliva na vrstno sestavo organizmov v vodi, posredno pa tudi na fizikalno-kemične procese v vodi (Kobold, 2007).

Poleg ekstremno nizkih pretokov svojevrstno problematiko predstavljajo naraščajoči ekstremi visokih pretokov. Ob opaženem naraščanju poplavne nevarnosti in ranljivosti na številnih območjih je aktualno vprašanje, kaj so razlogi za rast. Med možne mehanizme spadajo spremembe kopenskih sistemov, socialno-ekonomskih sistemov ter podnebja. Povečevanje poplavne ogroženosti zaradi sprememb rabe tal, ki povzročajo spremembe pokrovnosti, se kaže v spremembah hidroloških sistemov. Krčenje gozdov, mokrišč ter urbanizacija zvišujejo razpoložljivo vodno kapaciteto v zajezitvah. Urbanizacija je škodljivo vplivala na poplavno tveganje na mnogo povodjih s povečanjem deleža nepropustnih površin (strehe, dvorišča, ceste, pločniki, parkirišča, itd.) ter s povečanjem odtočnega koeficienta. V rezultatih so opazne višje konice vrednosti odtoka, ki so posledica intenzivnih padavin v zmanjšanem časovnem intervalu. Poleg omenjenega so vidne tudi posledice rečnih regulacij (izravnava in krajšanje kanalov, konstruiranje bregov), ki vodijo bodisi k povečanju oz. zmanjšanju poplavnih konic vzdolž vodotoka.

2.4 Podnebna spremenljivost in dolžina beleženja podatkov

Pri preučevanju podnebnih vplivov je pomembno razumevanje razlike med podnebno spremenljivostjo (angl.: variability) in podnebno spremembo (angl.: change), kjer je prva naravna sprememba podnebja od ene do druge periode, slednja pa se nanaša na spremembe v podnebnju preko daljšega časovnega obdobja (Kundzewicz in Robson, 2004). Podnebna spremenljivost ima močan vpliv na številne hidrološke nize. To ima dve pomembni posledici:

- **Podnebna spremenljivost lahko povzroči navidezen trend**

Podnebna spremenljivost velikokrat povzroči navidezni trend kadar je čas beleženja kratek – pričakovano je, da ti trendi izginejo, kadar je zbranih več podatkov. Pri izboru podatkov za analize je ena glavnih zahtev razpoložljivost dovolj dolgega niza kvalitetnih podatkov. Zaradi podnebne spremenljivosti so zabeleženi časovni nizi, krajši od 30 let skoraj zagotovo prekratki (Kundzewicz in Robson, 2004).

- **Podnebna spremenljivost lahko zasenči ostale spremembe**

Ker je podnebna spremenljivost običajno velika, lahko učinkovito zasenči vse osnovne spremembe, ki se pojavljajo zaradi podnebnih sprememb ali urbanizacije.

Najboljša pot k izboljšanju razumevanja sprememb je zbiranje informacij v največji možni meri, t.j. z uporabo informacij o spremembah v zadrževanju (kot npr. sprememba v uporabi zemljišč ipd.) in metodah zbiranja podatkov. Prav tako so uporabni podatki z bližnjih območij – če kažejo podobne vzorce, je vzrok verjetno večjih razsežnosti (v povezavi s podnebjem ali obsežna sprememba v uporabi zemljišč). Uporabijo se lahko sorodne spremenljivke – informacije o temperaturah in padavinah lahko pomagajo določiti, ali lahko spremembe v toku pojasnimo s podnebnimi faktorji. Če lahko pridobimo sorodne podatke, ki se raztezajo preko daljšega obdobja kot dejanski podatki, lahko to tudi s pridom izkoristimo.

Globalno segrevanje bo kot rezultat človekovih dejanj in efekta »tope grede« vodilo k spremembam prostorske in časovne porazdelitve regionalnih vodnih virov in globalnih hidroloških ciklov (Qader, 2002; Labat et al., 2004). Vedno več raziskovalcev omenja zaskrbljenost nad trendi pretokov številnih povodij po svetu in raziskuje njihovo povezavo z globalno podnebno spremenljivostjo, podnebnimi spremembami in človeško aktivnostjo (e.g. Lettenmaier et al., 1994; Lins in Slack, 1999; Zhang et al., 2001; Burn in Elnur, 2002; Kahya in Kalayci, 2004). Velika raznolikost regionalnega in svetovnega podnebja ter hidroloških režimov se odraža v različnih zaključkih obstoječih analiz, kar ugotavlja tudi poročilo Medvladnega panela za podnebne spremembe (Bates et al., 2008).

Dva glavna razloga za ocenjevanje podnebnega segrevanja hidroloških sistemov ter sistemov vodnih virov v prihodnosti sta (Arnell, 1996):

- Pridobitev informacij za potrebe priprave ustrezne politike upravljanja z vodnimi viri, ki so in bodo izpostavljeni vremenski spremenljivosti;
- Potreba po informiranju javnosti ter določitvi podlag za politične odločitve glede ublažitve globalnega segrevanja.

2.5 Analize časovnih vrst

Analiza časovnih vrst je posebna veja statistike, ki se ukvarja s preučevanjem časovnih vrst. Časovne vrst so zaporedja istovrstnih podatkov, ki se nanašajo na zaporedne časovne razmike ali trenutke in kažejo spreminjanje nekega pojava v času (Leskošek, 2006). V časovnih vrstah prikazujemo le istovrstne podatke, sam sem uporabil srednji dnevni pretok. Vrednosti opazovane spremenljivke v času se imenujejo členi časovne vrste, v mojem primeru so to posamezne dnevne vrednosti srednjega dnevnega pretoka.

Namen analize časovnih vrst je opazovanje pojavov in ugotavljanje zakonitosti (dinamike) pojavov in napovedovanje pojavov. Študije časovnih vrst karakterističnih hidroloških podatkov (malih, srednjih in velikih pretokov) so nujne, če želimo dognati vpliv podnebnih sprememb na hidrološke sisteme in so osnova pri načrtovanju zaščite pred poplavami. Na pretoke rek direktno vplivajo spremembe, ki jih človek povzroča neposredno s spremembami v rabi tal in inženirskimi deli ter posredno z emisijami, kar vpliva na globalno segrevanje in s tem povezane posledice. Glede na dolgotrajne suše in dramatične poplave, ki smo jim priča v zadnjih letih, je zaznavanje in odkrivanje trendov v daljših časovnih nizih podatkov o pretokih izrednega pomena tako v znanstvenem kot praktičnem smislu.

Sprememba se v nizu podatkov lahko pojavi na različne načine:

- Postopno (trend) – postopna sprememba (naraščajoča ali padajoča) povprečne vrednosti spremenljivke v katerokoli smer. Razlog so spremembe v naravi, ki jih je povzročil človek s svojimi aktivnostmi.
- Nenadno (skok) – nenadna pozitivna ali negativna sprememba opazovane vrednosti. Razlog je običajno človeška aktivnost in naravni razdor.
- Periodičnost – predstavlja ciklično spreminjanje hidroloških časovnih spremenljivk. Takšne variacije se običajno pojavijo pri analizi fiksnih časovnih intervalov.
- Naključnost – predstavlja spreminjanje zaradi negotove narave stohastičnega procesa.
- Kompleksnejša oblika.

2.6 Zaznavanje trendov

Trend je splošna sistematična linearna ali nelinearna komponenta, ki se spreminja v času in se ne ponovi. Obliko trenda najlažje določimo analitično z linearno regresijsko analizo in grafičnim prikazom. Preprosta testna statistika za prikaz trenda je naklon regresijske premice, ki pove kako močan je trend. Če trenda ni, je vrednost regresijskega gradienta blizu vrednosti 0. Če je trend znaten, je vrednost regresijskega gradienta (zelo) različna od 0, pozitivna za

naraščajoči trend in negativna za upadajočega. Poleg moči trenda ali nenadne spremembe je bistvenega pomena trajanje pojavljanja trenda (Pittock, 1980; Chiew in McMahon, 1993). Trend, ki se ne pojavlja skozi daljše časovno obdobje, je težko zaznati – zaletna faza mora biti ustrezno dolga. Statistično značilnost trendov v pretokih ocenimo s stopnjo značilnosti trenda, ki predstavlja v odstotku izraženo verjetnost obstoja trenda ob predpostavki, da je porazdelitev podatkov normalna (Kundzewicz et al., 2000).

Zunanji vplivi, med katere spadajo tudi podnebne spremembe, lahko vplivajo na lastnosti in spremenljivke hidrološkega sistema. Ker se slednje uporabljajo za kalibriranje in testiranje sistemov in nadalje za napovedovanje odziva sistema na spremembe, je potrebno iz njih izluščiti vpliv podnebnih sprememb, pri tem pa ustrezno izničiti ostale vplive iz drugih virov (McCuen, 2003).

Analiza hidroloških podatkov omogoča zaznavanje posledic sprememb povodja. Grafične metode ter statistične teste lahko uporabimo kot podporo hipotezam, razvitim na podlagi neodvisnih informacij. Sama zaznava je redkokdaj najvišji cilj - pomen zaznavanja je običajno modeliranje posledic sprememb povodja v tolikšni meri, da lahko posledice prevedemo na pričakovano stanje v prihodnosti.

Pri zaznavanju in opredelitvi trendov se je treba zavedati, da je prisotnost enega samega statistično značilnega rezultata lahko le šibek dokaz spremembe, četudi je test zelo značilen. Pri uporabi več kot enega testa je interpretacija rezultatov lahko precej kompleksna. Sam sem v analizi uporabil indekse srednjih letnih pretokov, največjih pretokov ter najmanjših 7- in 30-dnevnih pretokov, poleg omenjenih pa sem analiziral postaje s POT1 in POT3 vzorčnimi modeli. Na ta način sem pridobil možnost kombiniranega vpogleda v obnašanje pretokov na posameznih postajah, s čimer je lažja tudi opredelitev o prisotnosti trenda.

3 METODOLOGIJA

Iskanje vzrokov za statistično značilne spremembe v časovnih nizih podatkov o pretokih je v primerih večjih človeških posegov v rečni režim dokaj enostavno (npr. zaježitvena konstrukcija). Problem se pojavi pri iskanju postopne spremembe v obnašanju ekstremov toka znotraj močne naravne spremenljivosti kot posledice podnebnih vplivov (Kundzewicz, 2004). Izsleditev šibkega toplogrednega signala v hidrološkem nizu, polnem šumov, je dolgotrajen postopek, ki narekuje uporabo ustrezne napredne in zaupanja vredne metodologije. V nadaljevanju so predstavljene metode in podatki o pretokih, na podlagi katerih je opravljena analiza trendov.

3.1 Testiranje hipotez

Za izvršitev statistične analize je potrebno definirati ničelno in alternativne hipoteze – predloge za pojasnitev nekega pojava. V primeru, da srednjo vrednost niza analiziramo na trend, predstavlja ničelna hipoteza (H_0) trditev, da ni spremembe v srednji vrednosti niza, alternativna hipoteza (H_1) pa predstavlja trditev, da je srednja vrednost s časom naraščajoča oziroma padajoča. Pri izvedbi statistične analize začnemo s predpostavko, da je ničelna hipoteza pravilna, nakar opazujemo ali so opazovani podatki pri tej predpostavki konsistentni. V primeru, da zbrani podatki niso konsistentni, ničelno hipotezo zavrnemo.

Za primerjavo ničelne in alternativnih hipotez izberemo testno statistiko ter na podlagi razpoložljivih podatkov ovrednotimo njeno statistično značilnost. Testna statistika je enostavna numerična vrednost izračunana iz podatkov, ki jih testiramo in je izbrana tako, da poudari razliko med dvema hipotezama.

3.2 Predpostavke

Pri statističnem testiranju moramo upoštevati predpostavke, kot so:

Podrobno označena oblika porazdelitve - domnevamo, da so podatki normalno porazdeljeni. Ta predpostavka je prekršena, kadar podatki ne sledijo navedeni porazdelitvi.

Trajnost porazdelitve - vse podatkovne točke imajo identično distribucijo. Ta predpostavka je prekršena v primeru, da so prisotna sezonska nihanja ali katerikoli drugi cikli v podatkih. Prav tako je predpostavka prekršena v primeru spremembe srednje vrednosti skozi čas oz. katerekoli druge značilnosti podatkov, ki v testu ni dovoljena.

Neodvisnost - ta predpostavka je prekršena, kadar je prisotna avtokorelacija (korelacija med dvema časovnima vrstama, znana tudi kot serijska korelacija in časovna korelacija).

Če podatki ne izpolnjujejo predpostavk statističnega testa, so rezultati testa brez pomena, saj bi bile ocene stopnje značilnosti v veliki meri napačne. Hidrološki podatki so velikokrat močno ne-normalni, kar pomeni, da so testi, ki predvidevajo osnovno normalno porazdelitev neprimerni. Hidrološki podatki običajno kažejo bodisi avtokorelacijo, bodisi prostorsko korelacijo, zato vrednosti podatkov niso neodvisne. Prav tako lahko prikazujejo sezonskost, ki podira predpostavke o trajnosti porazdelitve.

3.3 Stopnja značilnosti

Pri izvajanju statističnih testov se je potrebno zavedati, da noben statistični test ni popoln, tudi ne v primeru, ko so pravilne vse predpostavke, zaradi česar se pri testiranju hipotez stopnja značilnosti uporablja kot kriterij za zavrnitev ničelne hipoteze. Stopnja značilnosti meri, v kolikšni meri se testna statistika razlikuje glede na niz vrednosti, ki bi se običajno pojavile v primeru ničelne hipoteze. Tako na primer 95% stopnja značilnosti predstavlja v povprečju 5% verjetnost, da bo izračun napačen.

Kadar rezultati testa kažejo na prisotnost statistično značilne spremembe v podatkovnem nizu, je potrebno razumeti vzrok zanjo. Kljub temu, da želimo zaznati podnebne spremembe, pa obstaja možnost vrste drugih razlag za takšne rezultate (Kundzewicz in Robson, 2004). Glavni vzroki so naslednji:

- Spremembe, ki jih povzroča človek (urbanizacija, rezervoarji, drenažni sistemi, sprememba rabe zemljišč, rečna erozija, posegi v vodotok itd.);
- Naravne spremembe v zadrževanju (naravne spremembe v morfologiji kanalov);
- Podnebna spremenljivost;
- Podnebne spremembe;
- Problemi, povezani s podatki.

3.4 Mann-Kendallov test

Mann-Kendallov test spada v skupino testov, osnovanih na rangiranju podatkovnih nizov, pri čimer se dejanske podatkovne vrednosti ne uporabijo. Podatkovna točka se rangira kot n , če je n -ta največja vrednost v nizu podatkov. Obstaja veliko število širše uporabljenih in uporabnih testov na osnovi rangov, od katerih jih večina predpostavlja, da so podatki neodvisni in identično porazdeljeni. Prednost teh testov je njihova robustnost in enostavnost za uporabo, običajno pa so šibkejši kot testi s parametričnim pristopom.

Mann-Kendallov test je še posebej uporaben za zaznavanje postopne spremembe ali trenda v časovnih nizih in je eden najširše uporabljenih robustnih ne-parametričnih testov na trend v analizah hidroloških podatkih. Zasnovan je na »Tau« statistiki in služi za identifikacijo pomembnih trendov v spremenljivkah. Prvotno je ta test uporabljal Mann (1945), kasneje pa je iz njegove statistične porazdelitve izhajal tudi Kendall (1975). Test se je pokazal kot izredno učinkovito orodje za zaznavanje trendov, na kar kaže širok krog raziskovalcev (Hirsch et al., 1982; Gan, 1992). Mann-Kendallov test ima dva pomembna parametra, ki se nanašata na zaznavanje trendov. Ta parametra sta *stopnja značilnosti* (significance level), ki označuje *moč trenda* ter *velikost obsega* (slope magnitude estimate), ki označuje smer in obseg trenda.

Na Mann-Kendallov test aktualna porazdelitev podatkov ne vpliva, hkrati pa je test tudi manj občutljiv na zunanje dejavnike. Tipična zahteva tako parametričnih kot tudi neparametričnih testov na trend je ta, da so podatki neodvisni, saj bi v nasprotnem primeru pozitivna serijska korelacija med opazovanji povečala možnost statistično značilnega trenda, torej tudi v primeru odsotnosti trenda. Vpliv serijske korelacije je možno iz podatkov izničiti z odstranjevanjem korelacije pred testiranjem ali z naknadnim modificiranjem testov na trend. Tehnike odstranjevanj serijske korelacije so med drugim:

- »Pre-whitening«, ki vključuje odstranjevanje serijske korelacije in ponovno testiranje na preostalem nekoreliranem delu.
- Druga tehnika vključuje modifikacijo testov na trend z ocenitvijo vpliva serijske korelacije.

V okviru programa Hydrospect je možno Mann-Kendallov test izvajati na rangiranem nizu podatkov ali rangiranih deviacijah mediane. Zaradi omenjenega morajo biti surovi podatki predčasno razvrščeni v range (razvrstitev je možna v okviru programa).

Prikazana testna statistika je Kendallova vsota, deljena s kvadratnim korenom variance (Kundzewicz et al, 2004). Ob tem je predpostavljena hipoteza o neodvisnosti ter identični porazdelitvi opazovanj. Če je n dolžina časovnega niza in a_1, a_2, \dots, a_n predstavljajo vrednosti časovnega niza, je testna statistika enaka:

$$\frac{1}{\sqrt{v}} S, \quad \text{kjer je} \quad S = \sum \text{sgn}(a_j - a_i), \quad \text{in} \quad v = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18},$$

v varianca

$\text{Sgn}(a_j - a_i)$ indikacijska funkcija, ki odraža vrednosti 1, 0 in -1 glede na znak (sign) $a_j - a_i$,

kjer je $a > i$:

$$\begin{aligned} \text{sgn}(a_j - a_i) &= 1 && \text{če je } a_j - a_i > 0 \\ \text{sgn}(a_j - a_i) &= 0 && \text{če je } a_j - a_i = 0 \\ \text{sgn}(a_j - a_i) &= -1 && \text{če je } a_j - a_i < 0 \end{aligned}$$

Stopnja značilnosti je definirana z ničelno hipotezo neodvisnih in identično porazdeljenih opazovanj. Kot dodatna možnost je prikazana originalna Kendalova τ statistika (vsota »S«, deljena z največjo možno vrednostjo »S« s prerazporeditvijo vrednosti časovne spremenljivke). Če v časovnem nizu manjkajo vrednosti, se Mann-Kendallov test izvede s predpostavko, da so podatki nepretrgani in pomanjkljive nize izloči iz računa.

Hydrospect za učinkovito računanje tega testa uporablja posebej določen algoritem z razvrstitvijo $n \log n$ operacij, kjer je n dolžina niza.

3.5 Vzroki za podnebne spremembe

Vprašanje zaznavanja sledi podnebnih sprememb v podatkih o pretokih je precej kompleksno. Obstaja precej dokazov, da naraščajoče koncentracije toplogrednih plinov v atmosferi povzročajo globalno dviganje temperatur. To povečuje evapotranspiracijo in padavine na večini področij ter pospešuje hidrološki cikel. Povečuje se tudi vsebnost vodnih hlapov (glavnih toplogrednih plinov) v atmosferi, kar lahko vodi k spreminjanju strukture oblakov in oblike sevanja. Ker je odtok v osnovi razlika med padavinami in evapotranspiracijo (katere letno povprečje narašča v večini primerov), je posledično razlike med njima težko intuitivno razbrati, poleg tega pa je prerazporejen prenos funkcij povodja v času in prostoru.

Da bi zaznali šibko podnebno spremembo, je potrebno izničiti ostale vplive. Priporočljiva je uporaba pristnih osnovnih podatkov povodja (IPCC, 2008). V primerih močno modificiranega vodotoka (npr. zaježitve), konceptualne re-naturalizacije, je priporočljiva rekonstrukcija naravnega toka t.j. izračun toka, ki bi se pojavil v odsotnosti obstoječih pregrad. Re-naturalizacija vključuje kompleksno modeliranje še posebej v primerih velikih zaledjih s številnimi interakcijami med podnebnimi in antropogenimi spremembami.

Neodvisno od svojevrstne zapletenosti vprašanja zaznavanja toplogrednih komponent v nizih podatkov o pretokih, obstajajo resni problemi v smislu izbire podatkov in metodologije za zaznavanje sprememb. Tudi v primeru popolnih podatkov se je potrebno zavedati, da so ekstremni dogodki redki. Ker se ne zgodijo pogosto, se tudi daljši časovni nizi ponašajo z majhnim vzorcem res ekstremnih poplav z najbolj uničevalno močjo.

3.6 Program Hydrospect

Hydrospect je programski paket za zaznavanje trendov v dolgih časovnih vrstah hidroloških podatkov, ki ga je razvil Maciej Radziejewski pod mentorstvom Zbigniewa W. Kudzewicza. Program omogoča uporabo osmih različnih statističnih testov za zaznavanje spremembe:

- linearna regresija
- Mann-Kendallov ne-porazdelitveni test
- CUSUM
- Test kumulativnih deviacij
- Worsleyjev likelihood ratio
- Kruskal-Wallis
- Spearmanov koeficient korelacije
- Normal scores regresija

Poleg omenjenih testov program omogoča tudi ustvarjanje prilagojenih nizov, vse funkcije programa pa so enostavno dosegljive v uporabniku prijaznem Windows okolju.

Hydrospect je bil namenjen projektu analize dolgih časovnih vrst hidroloških podatkov ter indicev z vidika klimatske spremenljivosti in sprememb, ki je del Svetovnega klimatskega programa – Voda (svetovna meteorološka organizacija – WMO).

Program je možno uporabljati na sistemih, kompatibilnih z IBM PC standardom, zahtevan procesor pa je 486 ali Pentium ter operacijski sistem MS Windows 95 ali novejši.

Ustvarjanje in urejanje podatkov v okviru samega programa ni podprto. Paket Hydrospect sledi preprosti filozofiji obdelave podatkov brez nepotrebnih modifikacij, zaradi česar je spreminjanje podatkov mogoče v povezavi z drugimi programi.

Program omogoča branje podatkov iz tekstovnih datotek. Funkcija »import« (vstavi) je zasnovana fleksibilno z ozirom na številne možne formate, prav tako je pozornost posvečena manjkajočim podatkom ter eventualnim komentarjem v okviru podatkovnih nizov.

Če želimo časovne nize pregledovati z drugim programom (ali npr. izrisati grafikone časovnih nizov), jih lahko shranimo v tekstovno datoteko - ta funkcija programa omogoča izvajanje številnih operacij na časovnih nizih, kot npr. formacija novih nizov na podlagi obstoječih.

Program vrača vrednosti testnih statistik in dosežena dejanska stopnja značilnosti. Visoka vrednost stopnje značilnosti kaže na to, da je hipoteza o odsotnosti spremembe zaradi dokazov zavrnjena, torej lahko z visoko stopnjo značilnosti trdimo, da je sprememba prisotna. Pri tem je potrebno poudariti, da so vsi testi, prisotni v programu Hydrospect osnovani na predpostavki o neodvisnosti časovnih nizov, nekateri testi pa tudi na predpostavki o normalni porazdelitvi. Veljavnost teh predpostavk v nekaterih primerih določa kredibilnost testnih rezultatov, še posebej v delih testnih statistik, kjer morajo biti hipoteze sprejete oz. zavrnjene, in določanju stopnje značilnosti. Če predpostavkam ni zadovoljeno, lahko teste interpretiramo zgolj kot orodje eksploratorne analize podatkov, ne pa kot rigorozne statistične metode.

Program Hydrospect ne vključuje testov za potrjevanje predpostavk. Dejansko je predpostavka o normalnosti redko izpolnjena na področju precej raznolikih hidroloških podatkov. Takšne podatke lahko enostavno preoblikujemo ter teste uporabimo za transformirane in normalno porazdeljene nize podatkov. Predpostavka o časovni neodvisnosti je odvisna od časovnega koraka. Časovni niz letnih vrednostih je lahko sestavljen iz neodvisnih elementov.

Standardne postopke, kot je npr. rangiranje opazovanj v vzorcu ali odstranitev vpliva letnega časa iz nizov pretokov lahko obravnavamo kot ustvarjanje novih vrst na podlagi časovnih vrst. Program Hydrospect izvaja vrsto takšnih postopkov. Iz vsake posamezne vrste lahko

tvorimo večje število podvrst. Tako lahko npr. izračunamo dnevne in mesečne srednje vrednosti za vrste dnevni podatkov, hkrati pa lahko izberemo pod-nize, sestavljene iz opazovanj zabeleženih npr. v juniju. Naknadno lahko rangiramo tudi letna povprečja ipd. Razmerja med pridobljenimi časovnimi vrstami so predstavljena v levem podoknu v obliki drevesa.

Seznam operacij na časovnih vrstah, ki jih Hydrospect vključuje:

- 1 Analizirane vrste se rangirajo za vsako opazovanje posebej;
- 2 Seštevanje ali agregacija razdeli vrste v pod-periode in nadomesti vrednosti vsake pod-periode z izbrano vrednostjo, t.j. srednjo, največjo ali najmanjšo vrednostjo, mediano ali Tukeyjevo trimeano;
- 3 Ustvarjanje podvrst časovnih vrst, npr. določenega obdobja v letu (december in januar);
- 4 Nekatere teste na spremembo v srednji vrednosti je mogoče uporabiti za zaznavanje sprememb v varianci. To vključuje računanje oddaljenosti vsake posamezne vrednosti v vrsti od skupne srednje vrednosti ter uporabo testa na vrstah oddaljenosti;
- 5 S transformacijo vrst je podprto računanje normalnih vrednosti (normal scores) – mejna porazdelitev postane normalna (z nično srednjo vrednostjo in enotno standardno deviacijo), medtem ko se relativne rangirane vrednosti ohranjajo;
- 6 Odpravljanje sezonskosti: sezonske srednje vrednosti (režim) se odštejejo od vsake vrednosti, ostanek pa se deli s sezonsko standardno deviacijo. Srednje vrednosti in deviacije se izravnavajo s pomočjo harmoničnih funkcij.

Vstop v menu poročil (report menu) omogoča ustvarjanje besedilnih datotek, ki vsebuje rezultate vseh testov, izvedenih med analizo.

3.7 Razvrščanje v skupine

Delitev podatkovnega niza v skupine (*cluster*) imenujemo razvrščanje oz. grupiranje (*clustering*). Z drugimi besedami je razvrščanje klasifikacija predmetov v različne skupine tako, da podatki pod-nizov delijo neko skupno lastnost; največkrat je to bližina glede na opredeljeno stopnjo oddaljenosti. Razvrščanje podatkov je običajna tehnika za statistično preverjanje podatkov in se uporablja na številnih področjih. Osnovna ideja analize razvrščanja je vzpostavitev niza skupin, znotraj katerih so si podatki med seboj bolj podobni. Vsaka postaja je uvrščena v samo eno skupino, torej se skupine ne prekrivajo. V okviru diplomskega dela sem posamezne postaje razvrstil v skupine glede na medsebojno podobnost izkazovanja trenda letnih pretokov v obdobju 1974-2005.

Postopek razvrščanja v skupine ima naslednje korake:

- 1 izbira enot, izbira njihovih lastnosti,
- 2 standardizacija spremenljivk, če je ta potrebna,
- 3 izbira ustrezne razdalje (različnosti) med enotami. Ta je odvisna od vrste podatkov in od kriterija podobnosti,
- 4 uporaba različnih metod razvrščanja,
- 5 analiza rezultatov.

Metode statističnega razvrščanja se uporabljajo na različnih področjih, ki podpirajo različne tehnike za:

- merjenje podobnosti ali razdalje med predmeti v povezavi s spremenljivkami,
- različne algoritme razvrščanja.

Naloga statističnega razvrščanja je zmanjšanje vzorca primerov na nekaj statistično različnih množic, t.j. skupin, ki so osnovane na razlikah in podobnostih celotnega sklopa več spremenljivk. Predpisanega najboljšega načina za izvedbo statističnega razvrščanja predmetov

v homogene skupine ni. Obstaja veliko število različnih metod, od katerih večini primanjkuje statističnih obrazložitvev in dokazov.

3.7.1 Hierarhična metoda razvrščanja v skupine

Obstaja več različnih tipov razvrščanja, sam pa sem uporabil hierarhično metodo. Obstajata dve vrsti hierarhičnega razvrščanja. Glede na hierarhični algoritem ločimo *kopičeni* in *delitveni* tip. Pri kopičenem razvrščanju je vsak predmet vnaprej postavljen v svojo skupino, medsebojno najbližje skupine pa se povežejo v eno skupino. Rezultati so predstavljeni v obliki dendrograma. Pri delitvenem razvrščanju so vsi predmeti vnaprej postavljeni v eno skupino, ta pa se postopoma deli v vedno manjše skupine. Ta postopek nadaljujemo, dokler vsaka skupina ne vsebuje natančno enega predmeta (oz. dokler ne dosežemo vnaprej določenega praga).

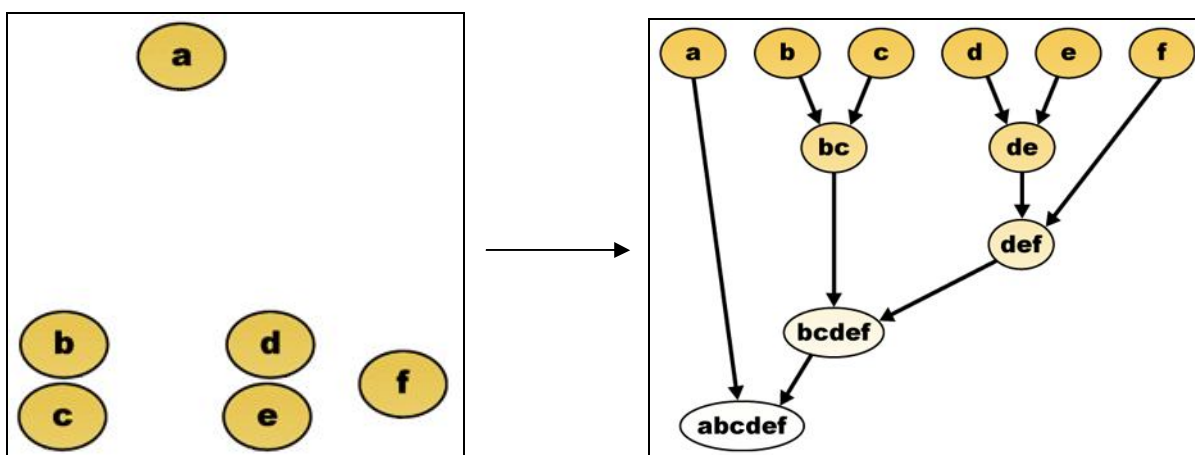
Za izvedbo hierarhičnega razvrščanja je potrebno določiti razdaljo med dvema predmetoma. Sam sem pri analizi uporabil enako metodo določitve razdalj, kot Hrvatin (1998) v svoji analizi, t.j. metodo na osnovi razdalje Manhattan, imenovane tudi City-block. Razdalja Manhattan predstavlja vsoto razlik po dimenzijah x in y , sorodna pa je pogosteje uporabljeni evklidski razdalji, pri kateri se razlike med spremenljivkami pred seštevanjem še kvadrirajo (Hrvatin, 1998). Razdaljo Manhattan se računa po spodnji enačbi:

$$\text{razdalja}(x, y) = \sum_i |x_i - y_i|$$

Nadalje je pri razvrščanju s kopičenjem potrebno določiti kriterije, po katerih se določa, katere skupine naj se med seboj kombinirajo ali povezujejo. Na voljo je več možnosti: enostavna povezava, povprečna povezava, popolna povezava in Wardova metoda. Sam sem v analizi uporabil Wardovo metodo, ki temelji na zaporednem združevanju dveh ali več skupin v novo skupino - razdalja med skupinama se vrednoti z »izgubo informacije«, ki jo povzroča združevanje dveh skupin v novo skupino (Košmelj, Breskvar Žaucer, 2006).

3.7.2 Dendrogram

Dendrogram (gr. *dendron*: drevo in *-gramma*: risanje) je drevesni diagram, ki se pogosto uporablja za ponazoritev razporeditve skupin, pridobljenih z razvrstitvenim algoritmom (Wikipedia). Dendrogrami se pogosto uporabljajo v računski biologiji za prikaz skupin genov, v sklopu svojega diplomskega dela pa sem s statističnim grupiranjem na podlagi hierarhične metode ponazoril združevanje posameznih vodomernih postaj. Namen takšnega statističnega grupiranja je združevanje podatkov v večje skupine na podlagi določene mere podobnosti, oz. razdalje med njimi.



Slika 2: Potek hierarhičnega razvrščanja podatkov v dendrogramu (vir: Wikipedia)

Figure 2: Hierarchical clustering of data in dendrogram

4 PODATKI

Podatki so hrbtenica vsakega poskusa zaznavanja trenda ali druge spremembe v hidroloških podatkih (Kundzewicz in Robson, 2004), zato je izrazitega pomena pravilna priprava in razumevanje podatkov, prav tako pa je bistvenega pomena tudi uporaba točnih in uporabnih podatkov. Kvaliteto podatkov moramo preveriti še pred uporabo v analizah. Zabeležene spremembe v podatkovnih nizih so lahko posledica:

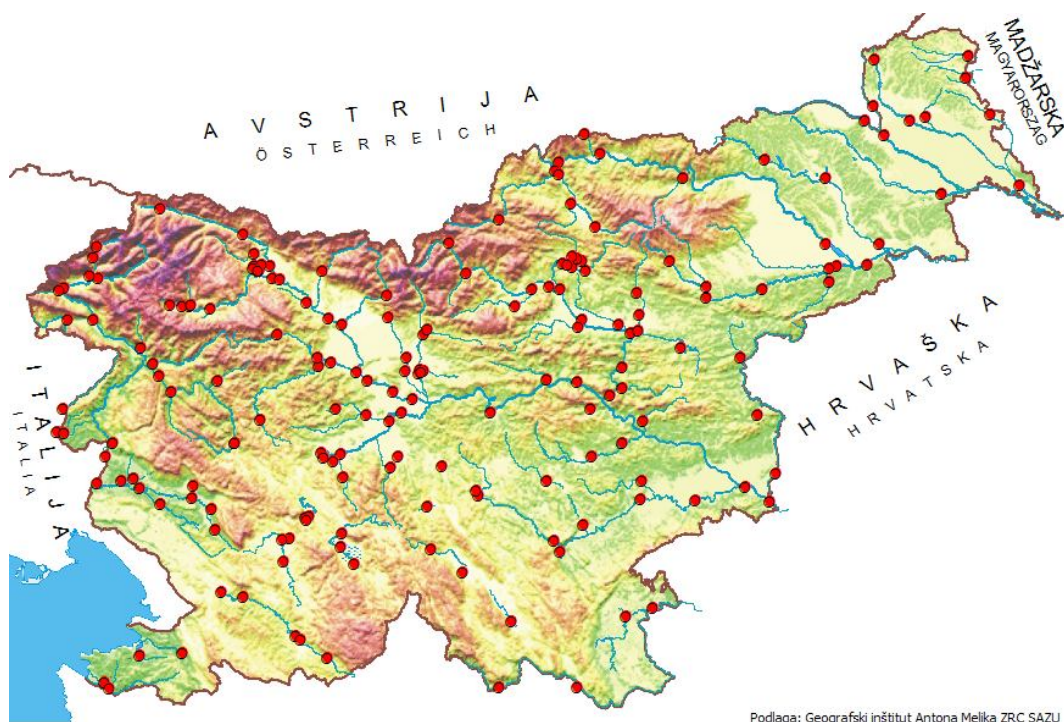
- tiskarskih napak;
- okvar na instrumentih (odklon, nenatančnost);
- sprememb v merilnih tehnikah, instrumentaciji ali lokaciji instrumentov;
- sprememb v točnosti podatkov ali spremembe v enotah;
- sprememb v pretvorbi podatkov (spremenjeni količnik pretvorbe).

Velik del negotovosti prinaša potreba po ekstrapolaciji pretvorbene krivulje na višje vrednosti, za katere ne obstaja direktna izmera pretoka. Pri napovedovanju prihodnjih hidroloških dogodkov se je potrebno zavedati predpostavke o stacionarnosti hidroloških procesov, ki je ključnega pomena za pravilno napoved. V primeru, da hidroloških procesov ne moremo obravnavati kot stacionarnih, je namreč nemogoče predvideti gibanja spremenljivk v prihodnosti. Manjkajoče vrednosti in vrzeli so le še dodatni oteževalni faktorji.

4.1 Merjeni pretoki

Odtok je pojem, ki opisuje oz. predstavlja premikanje določenega dela padavinske vode do kanaliziranega vodotoka oz. pretok vode v njem (Davie, 2004). Višek padavin, ki ne izhlapi oz. se ga ne porabi za transpiracijo, odteče, je odtok. V primerih, ko je ta presežek dovolj velik, se odtok zbere v vodotokih, ki predstavljajo večino odtoka z določenega vodozbirnega zaledja. Na mestih, kjer se večina odtoka zbere, lahko odtok merimo kot pretok.

Izmerjeni pretoki so osnovni podatki za večino hidroloških analiz in so praviloma najzanesljiveje izmerjeni element vodnega kroga, zaradi česar se v praksi velikokrat uporabljajo za merjenje vpliva podnebnih sprememb na okolje - na primerno postavljenih vodomernih postajah voda določenega vodozbirnega območja odteče skozi profil vodomerne postaje. Značilnosti pretoka na določeni točki so odraz celotnega vodozbirnega zaledja (WMO, 1994). Zaradi tega je ključnega pomena poznavanje fizično-geografskega prostora, zlasti merilnih profilov in razvodnic med posameznimi merilnimi mesti, saj le tako lahko dobimo medsebojno primerljive podatke in analiziramo manjše enote porečij. Vsi podatki o pretokih so vezani na prostor, na hidrometrična zaledja, ki so osnovna prostorska enota pri izdelavi vodne bilance. Vodnobilančne člene lahko primerjamo na območju enega ali več hidrometričnih zaledij.

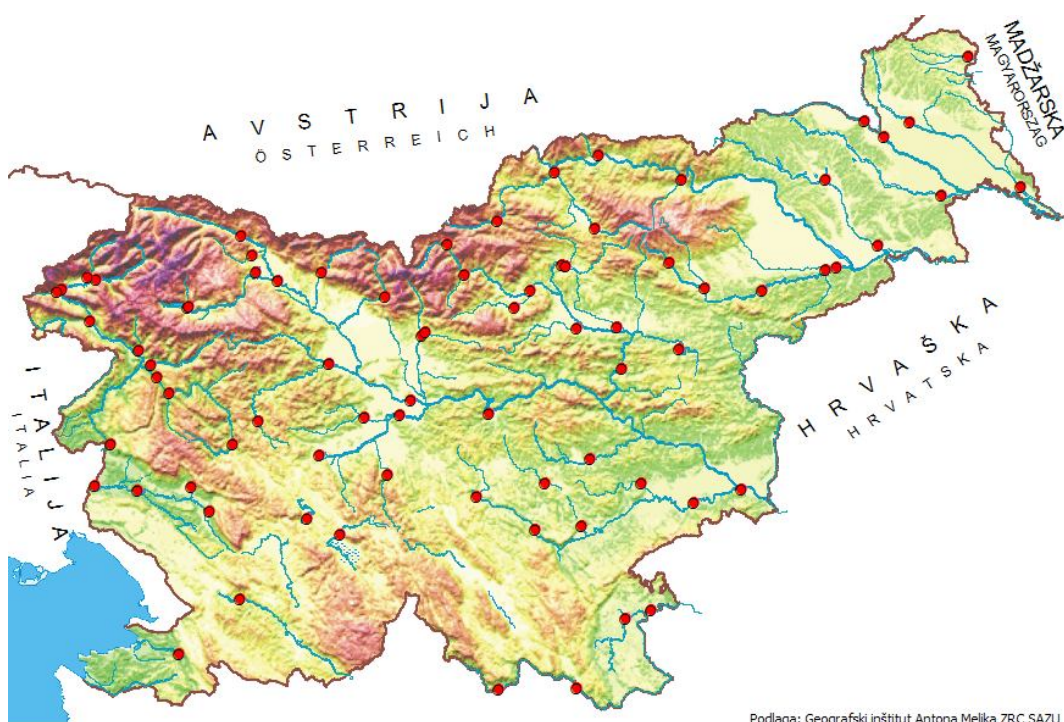


Slika 3: Delujoča mreža 185 vodomernih postaj v letu 2009

Figure 3: Network of 185 active water gauging stations in Slovenia in 2009

4.2 Uporabljeni podatki

V analizi so uporabljeni standardni hidrološki podatki, ki jih Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) redno spremlja na merilni mreži vodomernih postaj po Sloveniji in ureja v obširni podatkovni bazi. Podatki so javni, po zaključeni obdelavi vsakega leta pa se objavijo v hidrološkem letopisu. Za kvalitetno analizo mora baza podatkov vsebovati daljše časovne nize dobrih in kvalitetnih podatkov.



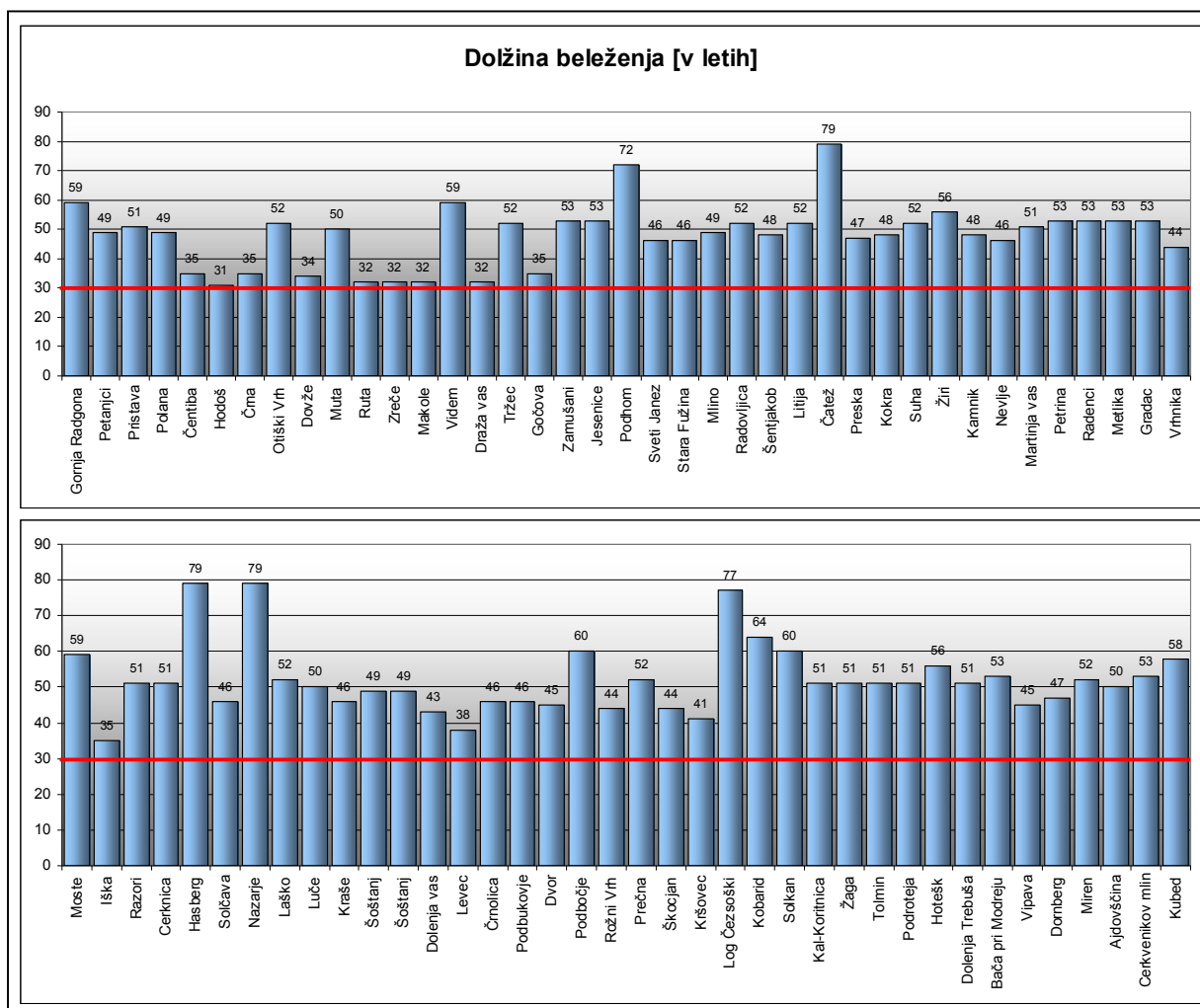
Slika 4: Mreža 77 analiziranih vodomernih postaj

Figure 4: Network of 77 analyzed gauging stations

4.2.1 Izbor merilnih mest

Ena od pomembnejših stvari pri študijah podatkov je izbira postaj, na katerih beležimo podatke. Le pravilen izbor postaj namreč pravilno ovrednoti dejansko stanje raziskovanega prostora. Vprašanje zaznavanja sledi podnebnih sprememb v podatkih o rečnem toku je zelo kompleksno, saj je proces rečnega toka celosten rezultat več dejavnikov kot so količina padavin, zadrževalna sposobnost in izgube zaradi izhlapevanja, signale podnebnih sprememb

pa lahko zasenči tudi močna naravna spremenljivost. Ti dejavniki nas opozarjajo, da je pri izbiri podatkov in mest njihovega odvzema potrebna velika previdnost. Da lahko preučujemo vpliv podnebnih sprememb na rečni pretok, morajo biti podatki kakovostni, prav tako pa morajo biti na voljo za daljša časovna obdobja. Za oceno podnebnih sprememb je potrebno imeti na voljo čim daljše podatkovne nize, saj na krajše podatkovne nize v veliki meri vpliva podnebna spremenljivost, kar lahko vodi do zavajajočih rezultatov in napačnih zaključkov.



Slika 5: Prikaz dolžine beleženja pretokov na posameznih postajah

Figure 5: The number of the years covered by the data per station

Mreža delujočih vodomernih postaj v Sloveniji v letu 2009 obsega 185 postaj (Slika 3). V analizo so vključeni podatki s 77 vodomernih postaj (Slika 4, Priloga A), izbranih na podlagi kriterija minimalne dolžine beleženja in odsotnosti »podatkovnih lukenj«, za katere obstajajo

30 in več letni nizi podatkov (*Slika 5*). Najkrajši homogen niz podatkov izbranih vodomernih postaj znaša 31 let na vodomerni postaji Hodoš, najdaljši, 79-letni podatkovni niz beleženih pretokov pa vsebujejo postaje Čatež, Hasberg in Nazarje. Povprečna dolžina podatkovnih nizov vseh izbranih vodomernih postaj znaša približno 50 let. Baza podatkov vključuje podatke o pretokih do vključno leta 2005.

V opravljeni analizi so zajete tudi nekatere postaje z izrazitimi antropogenimi vplivi – odvzem vode, hidroelektrarne, izrazita modifikacija struge... Kljub temu, da so takšne postaje neprimerne za ugotavljanje povezave s podnebnimi spremembami, so v analizi predstavljene kot zanimivost oz. kontrola posameznih metodoloških postopkov.

Vse podatke, ki sem jih zbral in uporabil, sem zaradi specifičnih potreb sortiral in uredil ročno, pri čimer so mi uslužbenci ARSO nudili strokovno pomoč. Hidrološki podatki, ki so me zanimali s stališča določanja trendov pretokov, so bili srednji dnevni pretoki, na podlagi katerih sem izračunal srednje in največje letne srednje dnevne pretoke, najnižje letne 7- in 30-dnevne pretoke ter POT1 in POT3 modele.

Do podatkovnih nizov sem dostopal preko relacijske podatkovne baze sektorja za hidrologijo (ARSO), imenovane *HIDROLOG*. Aplikacija *HIDROLOG* predstavlja združitev podatkovnih baz in aplikacij površinskih in podzemnih voda ter morja v okolju *ORACLE*. V preteklih letih je bil zaključen testni prepis vseh podatkovnih tipov v novo bazo, hkrati pa je bila zasnovana aplikacija za vodenje katastra merilnih mest ter aplikacije, ki podpirajo nekatere segmente zajema podatkov, kot so digitalizacija limnigrafov, zajem podatkov podatkovnih zapisovalnikov, avtomatske merilne postaje.

4.2.2 Uporabljeni indeksi pretokov

Indeks srednjih letnih pretokov – statistične ocene srednjih letnih pretokov predstavljajo povprečno letno količino vode. Z analizo trendov teh časovnih vrst lahko ocenimo poudarjene značilnosti in morebitne spremembe v količini vode ter predvidimo prihodnji trend.

Indeks nizkih pretokov – je osnovan na srednjih dnevni pretokih, analiza pa obsega najnižje letne srednje dnevne pretoke s trajanjem 7- in 30 dni. Analiza najmanjših letnih srednjih dnevni pretokov različni dolžin prikazuje karakteristike sušnih obdobj in hidroloških sušni dogodkov, ki so bili pogostejši v zadnjem obdobju (Kobold, 2004; Kobold in Sušnik, 2004).

Indeksi velikih pretokov – za oceno časovne spremenljivosti velikih pretokov sem uporabil tri različne indekse. Študije velikih pretokov se običajno osredotočajo na trende največjih letnih srednjih dnevni pretokov – obravnava se le največji letni srednji dnevni pretok, ki ga zabeležimo v letu dni, pri čimer ni pomembno, ali je bilo prisotnih več visokovodnih valov ali sploh nobenega. Bolj reprezentativna metoda opisovanja frekvenc visokih voda je mogoča z uporabo metode vrednosti nad pragom (Peaks-Over-Threshold - POT). Pri uporabi te metode so izbrani vsi dogodki, ki presegajo prag določenega pretoka (ob predpostavki, da izbrani dogodki medsebojno niso odvisni). Na ta način lahko imamo v posameznem letu zabeleženih več velikih pretokov ali nobenega. Pri analizi sem izbral prag s povprečno eno visoko vrednostjo letno (POT1) oz. tremi vrednostmi letno (POT3).

4.2.3 **Priprava podatkov**

Metode merjenja pretokov na vodomernih postajah so se skozi leta spreminjale, zaradi česar so praktično na vseh izbranih postajah časovni nizi sestavljeni iz različnih metod merjenja pretokov. Pretoki so na izbranih vodomernih postajah pridobljeni s pomočjo:

- limnigrafa
- opazovanj
- radarskega senzorja
- tlačne sonde
- korelacije

Zaradi večje preglednosti in lažje medsebojne primerljivosti posameznih postaj sem za nadaljnjo obdelavo v programu Hydrospect vpliv metode merjenja pretokov zanemaril; uporabil sem le datum in dnevne vrednosti posameznih pretokov.

Za statistično analizo trendov v podatkih o pretokih s programskim orodjem Hydrospect je bilo potrebno urediti podatkovno bazo:

- Za vsako postajo sem preveril dolžino beleženja pretokov in vrsto meritev. Pri izboru sem se omejil na nize dolžine vsaj 30 let, z dostopnostjo zabeleženih rezultatov do leta 2005.
- Določene postaje, za katere so bili časovni nizi večkrat prekinjeni, sem iz analize odstranil.
- Pri večini postaj je v različnih obdobjih prisotnih več različnih metod meritev, zaradi česar je potrebno dobljene pretoke sestaviti v eno datoteko. Zaradi večje preglednosti sem posamezne postaje poimenoval s šifro postaje.

Pripravljeni vhodni podatki za program Hydrospect so osnovani na srednjem dnevnem pretoku na posameznih postajah. Niz podatkov za posamezno postajo je shranjen v obliki CSV, v kateri so posamezni dnevni podatki ločeni z vejico, obsegajo pa:

- šifro postaje,
- metodo merjenja pretoka,
- datum in čas merjenja,
- pretok.

5 STATISTIČNA ANALIZA TRENDOV

Za izbrane vodomerne postaje (*Slika 4*) so v nadaljevanju prikazani rezultati analize, izvedene z orodjem Hydrospect (*Preglednica 3*). V *Preglednica 3* je prikazana stopnja značilnosti za obstoj trendov v časovnih nizih za vseh šest indeksov pretokov (srednji letni pretok Qs, največji letni srednji dnevni pretok Qvp, najmanjši letni 7- in 30-dnevni pretoki Qmin7 in Qmin30 ter POT1 in POT3). Predznak števila nakazuje bodisi trend naraščanja (pozitiven), bodisi trend upadanja (negativen). Krepko označene vrednosti predstavljajo statistično značilne trende (vrednost stopnje značilnosti nad 90%).

Preglednica 3: Stopnja značilnosti za obstoj trendov

Table 3: Significance level for the existence of the trends

	Postaja	Šifra	Stopnja značilnosti					
			Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
1	Gornja Radgona	1060	-1,1	68,2	17,16	24,5	-5,59	54,95
2	Petanjci	1070	-83,75	-72,68	-88,61	31,81	-63,47	91,23
3	Pristava	1140	-98,67	51,75	9,42	53,7	96,42	96,58
4	Polana	1220	-99,37	-77,8	-86,12	-95,35	-24,94	-64,82
5	Čentiba	1260	-66,68	-94,7	-94,7	-27,6	74,18	-27,4
6	Hodoš	1350	-98,5	-99,92	-99,68	-61,88	83,68	-63,47
7	Črna	2220	-99,64	-99,67	-99,88	-63,86	-81,37	-13,65
8	Otiški Vrh	2250	-98,18	-99,6	-99,3	-91,42	87,13	21,82
9	Dovže	2370	-81,8	55,43	76,93	-93,6	16,87	-65,53
10	Muta	2430	-99,99	-99,99	-99,99	-98,23	68,88	-81,85
11	Ruta	2530	9,86	-99,96	-99,6	85,47	-43,36	-14,39
12	Zreče	2600	-40,16	80,69	0	-31,3	-57,11	-8,31
13	Makole	2640	-2,47	-91,73	-80,69	89,94	88,59	95,96
14	Videm	2650	-49,28	80,1	80,67	91,61	98,2	-4,53
15	Dražva vas	2670	-50,46	-76,1	-90,57	-21,97	-65,55	-60,77
16	Tržec	2750	37,65	-48,6	7,33	97,6	-16,41	97,67
17	Gočova	2880	-82,68	-35,67	-65,96	38,57	69,95	2,54
18	Zamušani	2900	-95,86	0,61	-14,6	39,27	13,78	83,62
19	Jesenice	3060	-99,25	57,9	-4,16	-74,32	-22,89	13,68
20	Podhom	3180	-98,63	-98,9	-92,66	-99,92	-99,97	-99,99
21	Sveti Janez	3200	-99	-97,29	-99	-56,97	-13,11	56,6
22	Stara Fužina	3300	-99,83	-80,71	-83,94	-78,8	77,75	-81,1
23	Mlino	3400	83,24	65,77	84,26	97,85	98,26	-83,94
24	Radovljica	3420	-94,86	-99,67	-99,79	12,19	-66,24	17,91
25	Šentjakob	3570	-99,99	-91,67	98,13	-99,8	-65,25	43,9
26	Litija	3650	-99,88	-99,42	-99,69	-26,42	-56,15	69,5

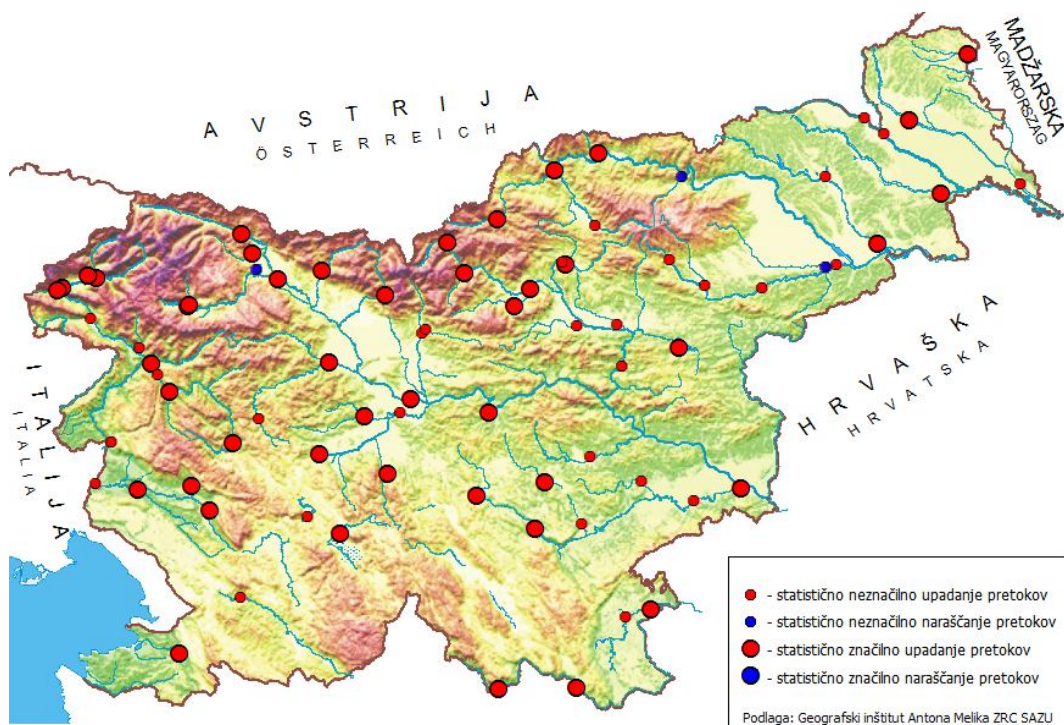
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

27	Čatež	3840	-99,98	-98,79	-93,49	-94,13	6,62	-99,55
28	Preska	4050	-99,55	-98,1	-99,86	-98,19	-21,2	-85,88
29	Kokra	4120	-99,96	-97,26	-99,55	-99,7	-62,54	-18,17
30	Suha	4200	-92,28	-41,93	-89,25	31,84	-95,32	71,78
31	Žiri	4210	-49,32	-99,82	-98,95	99,99	95,6	99,88
32	Kamnik	4400	-87,92	-99,53	-99,47	-88,12	16,38	-87,21
33	Nevlje	4480	-73,28	-99,91	-99,1	64,9	81,94	-36,93
34	Martinja vas	4670	-74,41	-98,17	-99,3	58,82	81,51	94,35
35	Petrina	4820	-92,4	-99,48	-97,42	-83,7	-8,55	-53,99
36	Radenci	4850	-99,7	-98,12	-97	-95,83	-75,86	64,21
37	Metlika	4860	-94,84	-89,45	-90,67	17,12	17,13	58,26
38	Gradac	4970	-76,44	-38,28	-35,9	24,59	-99,95	-96,9
39	Vrhnika	5030	-98,2	-92,17	-89,97	15,51	93,13	7,42
40	Moste	5080	-44,26	-63,48	-51,7	34,93	-11,66	14,33
41	Iška	5410	-99,35	-99,98	-99,72	-99,99	-99,91	-92,8
42	Razori	5540	-99,99	-99,99	-99,99	73,7	86,83	96,27
43	Cerknica	5770	-99,99	-99,99	-99,99	-98,41	-46,84	-99,74
44	Hasberg	5880	-87,57	97,64	89,48	-99,94	-8,59	-99,97
45	Solčava	6020	-99,83	-99,96	-99,97	-62,13	-97,52	73,67
46	Nazarje	6060	-99,44	-34,33	-98,25	-13,2	-72,74	-72,21
47	Laško	6200	-71,71	-93,43	-90,24	-76,25	53,85	-46,82
48	Luče	6220	-98,9	-96,9	-98,9	-98,99	9,66	-99,8
49	Kraše	6240	-98,83	-99,48	-99,31	-99,87	-72,48	-92,87
50	Šoštanj	6300	-87,82	-79,93	-74,81	-70,43	-64,7	-22,1
51	Šoštanj	6420	-99,99	-99,99	-99,99	-99,99	28,45	-49,17
52	Dolenja vas	6550	-28,42	-88,7	-62,65	53,35	-32,45	90,15
53	Levec	6630	-46,27	-75,45	-64,83	-56,12	71,84	-90,1
54	Črnomica	6690	-98,49	78,8	48,5	-99,83	76,38	-75,91
55	Podbukovje	7030	-99,35	-87,88	-74,83	-38,6	27,26	44,66
56	Dvor	7040	-92,1	-81,81	-79,88	99,99	76,72	99,99
57	Podbočje	7160	-71,94	11,87	17,72	-89,16	-46,24	-99,57
58	Rožni Vrh	7310	-96,46	-99,99	-99,94	-88,8	-99,32	-99,93
59	Prečna	7340	-85,91	15,8	-69,59	-7,33	3,33	79,29
60	Škocjan	7380	-77,48	44,27	-53,8	92,34	99,65	99,65
61	Kršovec	8030	-93,61	-81,2	-92,96	-63,73	-79,13	68,45
62	Log Čezsoški	8060	-99,73	-3,3	-79,73	-93,7	-94,24	-97,2
63	Kobarid	8080	-71,69	72,22	-4,25	-14,58	57,52	71,98
64	Solkan	8180	-70,41	-62,31	-97,15	37,25	13,83	95,23
65	Kal-Koritnica	8240	-98,49	-76,3	-73,7	-96,2	-21,76	-63,89
66	Žaga	8270	-92,54	-99,59	-99,63	-97,44	-4,4	-25,7
67	Tolmin	8330	-54,99	-92,2	-88,3	-6,47	52,29	-18,7
68	Podroteja	8350	-99,99	-91,46	-91,74	-97,92	-86,23	34,21
69	Hotešk	8450	-85,17	-56,74	-54,27	-73,52	-80,2	25,25
70	Dolenja Trebuša	8480	-98,2	-71,32	-85,34	-99,96	-14,41	-54,1
71	Bača pri Modreju	8500	-95,97	-99,97	-99,9	-61,31	-39,33	-8,53
72	Vipava	8560	-98,72	-82,42	-90,24	38,42	68,91	98,84
73	Dornberg	8590	-99,47	-31,73	-72,95	-98,98	-85,2	-71,11
74	Miren	8600	-48,6	-47,56	-74,37	-3,5	-96,51	38,43
75	Ajdovščina	8630	-97,84	-99,99	-99,91	-40,81	66,85	-93,63
76	Cerkvenikov mlin	9050	-88,1	99,98	99,57	47,89	53,57	66,45
77	Kubed	9220	-99,59	-99,98	-99,99	-99,99	-79,29	-99,99

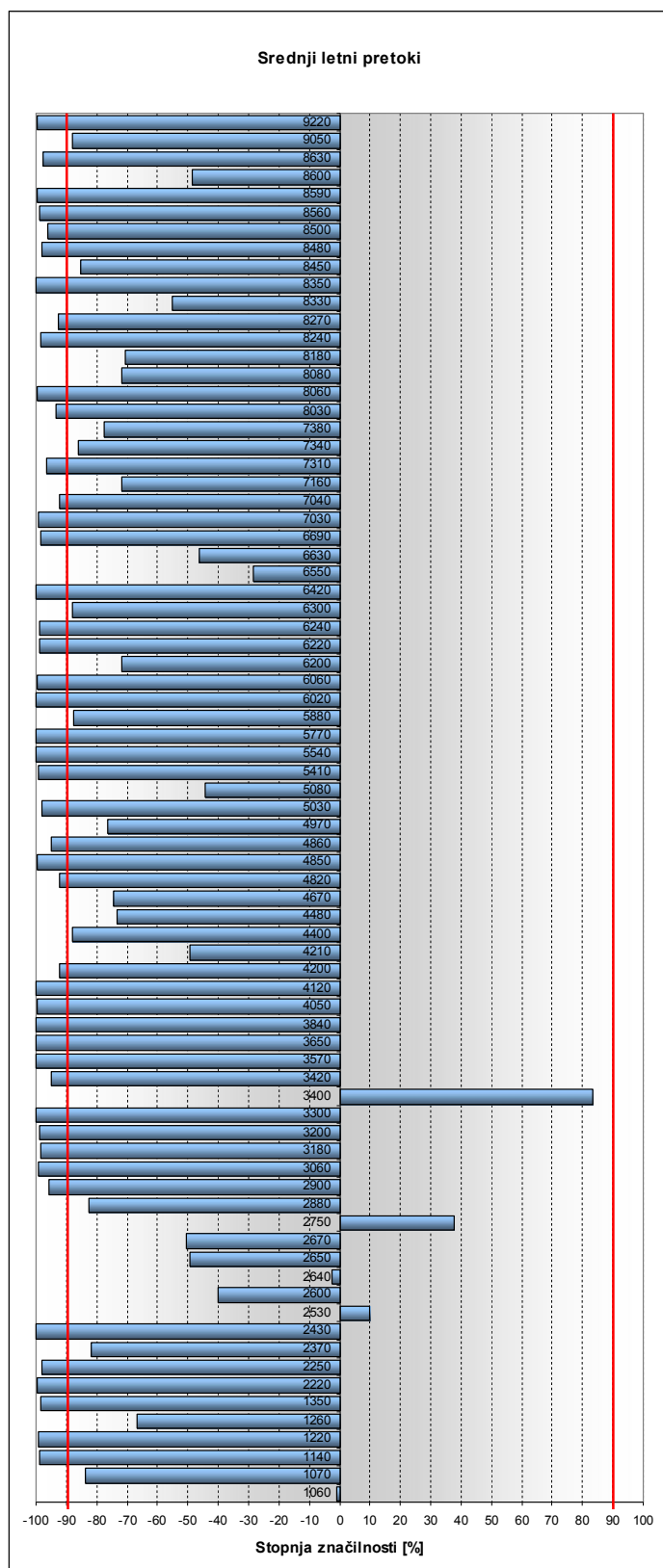
5.1 Trendi srednjih letnih pretokov

Srednji letni pretoki statistično značilno upadajo na večini vodomernih postaj (45 postaj od skupno 77). Omembe vredno je dejstvo, da je na kar 38 vodomernih postajah prisoten značilen trend upadanja s 95% stopnjo značilnosti, na 22 vodomernih postajah pa je trend upadanja pretokov statistično značilen tudi ob upoštevanju 99%. Na osmih postajah je trend upadanja statistično značilen tudi ob upoštevanju stopnje značilnosti 99,9%, izmed katerih se kar dve nahajata na reki Savi (Šentjakob in Čatež), statistično značilen trend upadanja pa se pojavlja še na posameznih postajah na rekah Bistrica, Kokra, Šujica, Cerknjščica, Velunja in Idrijca. Izmed preostalih 29 vodomernih postaj na katerih trenda skoraj ni, jih 20 izkazuje trend s stopnjo značilnosti med 50% in 90% (Petanjci, Čentiba, Dovže, Draža vas, Gočova, Kamnik, Nevlje, Martinja vas, Gradac, Hasberg, Laško, Šoštanj, Podbočje, Prečna, Škocjan, Kobarid, Solkan, Tolmin, Hotešk in Cerkvnikov Mlin), ostalih 9 postaj pa med 0% in 50%. Statistično značilen trend naraščanja pretokov je zaznan le na postajah Ruta, Tržec in Mlino, pri čimer nobena od teh treh postaj ne izkazuje statistično značilnega trenda.



Slika 6: Trend srednjih letnih pretokov na posameznih postajah

Figure 6: Trend of annual mean mean flows at individual stations

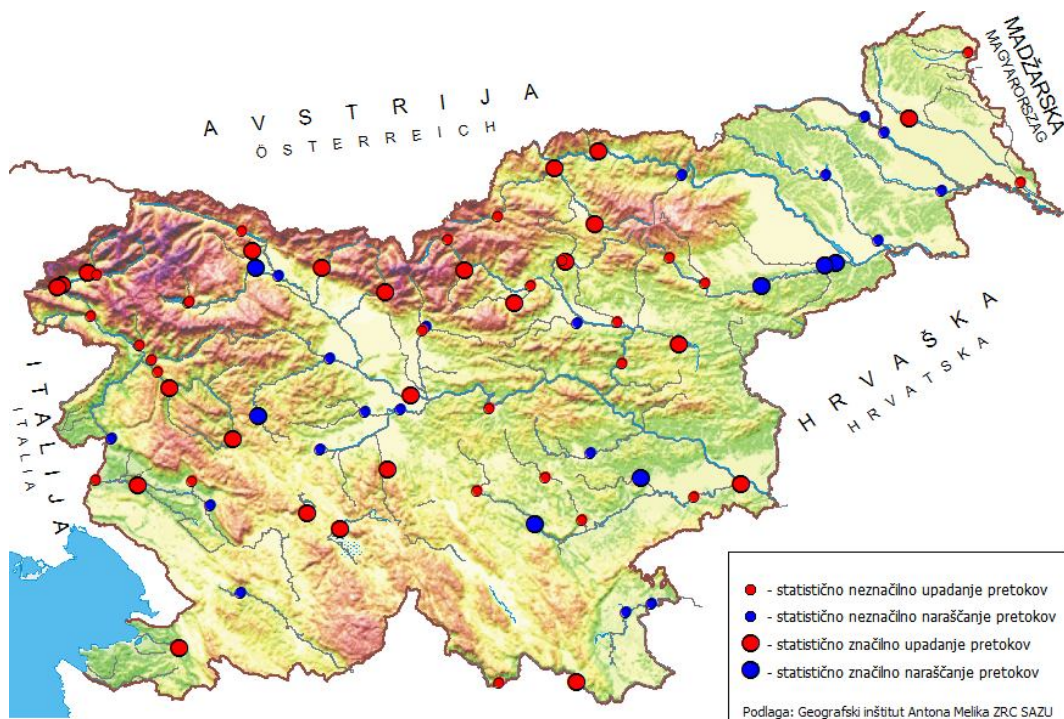


Slika 7: Stopnja značilnosti za obstoj trenda v časovnem nizu srednjih letnih pretokov

Figure 7: Significance level of trends in mean annual flows

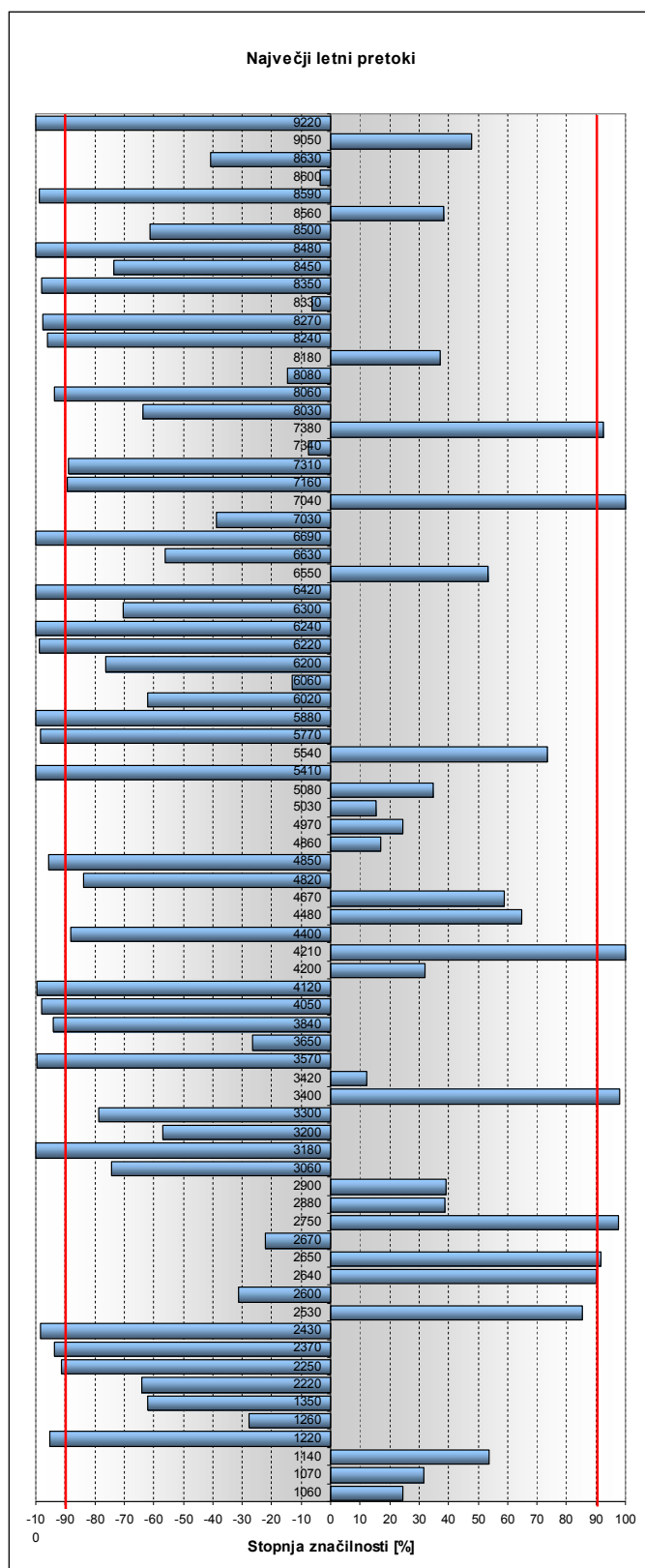
5.2 Trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov

Izmed skupno 26 vodomernih postaj, ki izkazujejo trend naraščanja največjih letnih srednjih dnevni pretokov, jih 7 izkazuje statistično značilen trend, na 19 postajah pa je naraščajoči trend statistično neznačilen. Izmed postaj s statistično značilnim trendom naraščanja izstopata postaji Žiri in Dvor, na katerih je trend prisoten tudi ob upoštevanju stopnje značilnosti 99,9%. Postaje Pristava, Ruta, Nevlje, Martinja vas, Razori in Dolenja vas izkazujejo statistično neznačilen naraščajoč trend s stopnjo značilnosti med 50% in 90%, medtem ko na postajah Gornja Radgona, Petanjci, Gočova, Zamušani, Radovljica, Suha, Metlika, Gradac, Vrhnika, Moste, Solkan, Vipava in Cerkvenikov Mlin trenda skoraj ni - stopnja značilnosti med 0% in 50%. Izmed postaj, na katerih največji letni srednji dnevni pretoki upadajo, jih 24 izkazuje statistično značilen trend upadanja pretokov, kar predstavlja tretjino vseh opazovanih postaj. Na kar 20 postajah je trend statistično značilen tudi ob upoštevanju 95% stopnje značilnosti, medtem, ko je pri 99% stopnji značilnosti statistično značilnih še 10 postaj. Statistično neznačilen trend upadanja pretokov izkazuje 27 postaj.



Slika 8: Trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov na posameznih postajah

Figure 8: Trend of annual maximum flows at individual stations

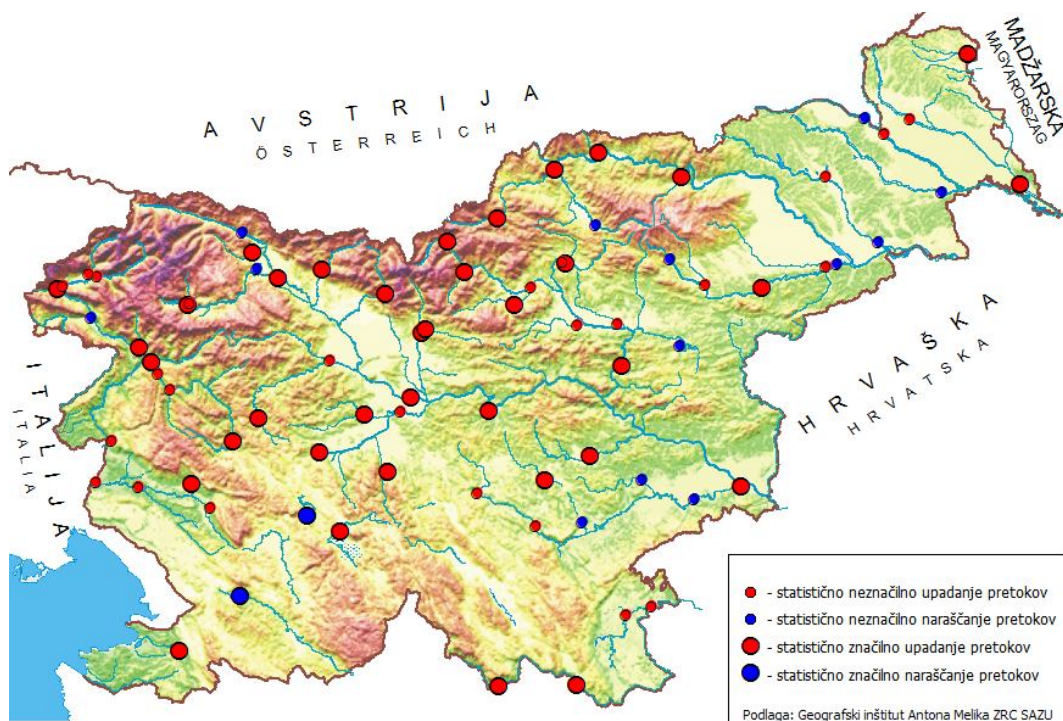


Slika 9: Stopnja značilnosti za obstoj trendov največjih letnih srednjih dnevni pretokov

Figure 9: Significance level of trends in annual maximum flows

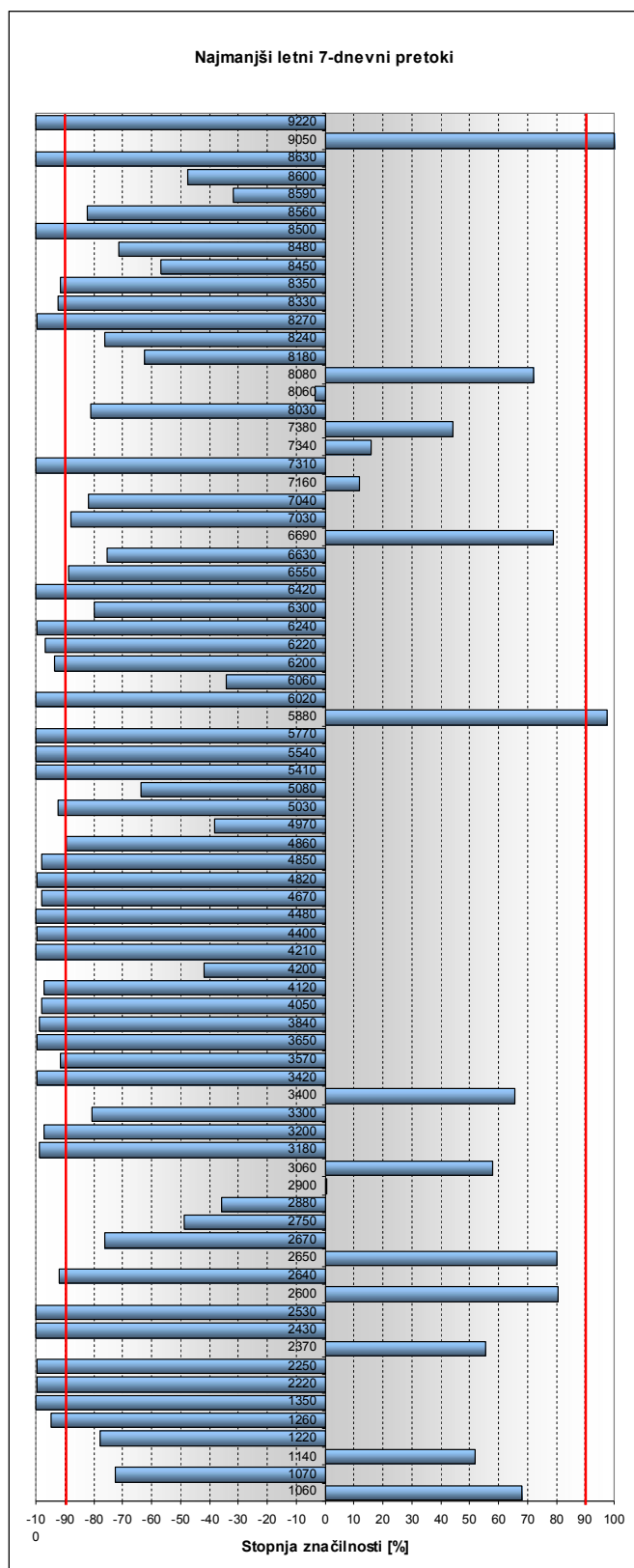
5.3 Trend najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov

Od skupno 15 postaj, ki izkazujejo trend naraščanja najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov, se statistično značilen trend pojavlja le na postajah Hasberg in Cerkevnikov mlin. Na obeh postajah je trend značilen tudi ob upoštevanju 95% stopnje značilnosti, na postaji Cerkevnikov mlin pa tudi ob 99,9% stopnji značilnosti. Na 13 postajah je naraščajoč trend pretokov statistično neznačilen, od tega na 9 postajah trend ustreza stopnji značilnosti med 50% in 90% (Gornja Radgona, Pristava, Dovže, Zreče, Videm, Jesenice, Mlino, Črnelica in Kobarid), na 4 postajah pa trend ustreza stopnji značilnosti med 0% in 50% (Zamušani, Podbočje, Rožni Vrh in Škocjan). Statistično značilen padajoč trend izkazuje 37 opazovanih postaj, izmed katerih na 30 postaj trend presega stopnjo značilnosti 95%. Kar 22 vodomernih postaj je statistično značilnih z upoštevanjem stopnje značilnosti 99%, izmed katerih jih 13 zadosti tudi kriteriju 99,9% stopnje značilnosti. Na 8 vodomernih postajah statistično neznačilen trend upadanja pretokov ustreza stopnji značilnosti med 0% in 50%, na preostalih 17 postajah pa je stopnja značilnosti za potrditev prisotnosti trenda med 50% in 90%.



Slika 10: Trend najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov

Figure 10: Trend of 7-day annual minimum daily flows at individual stations

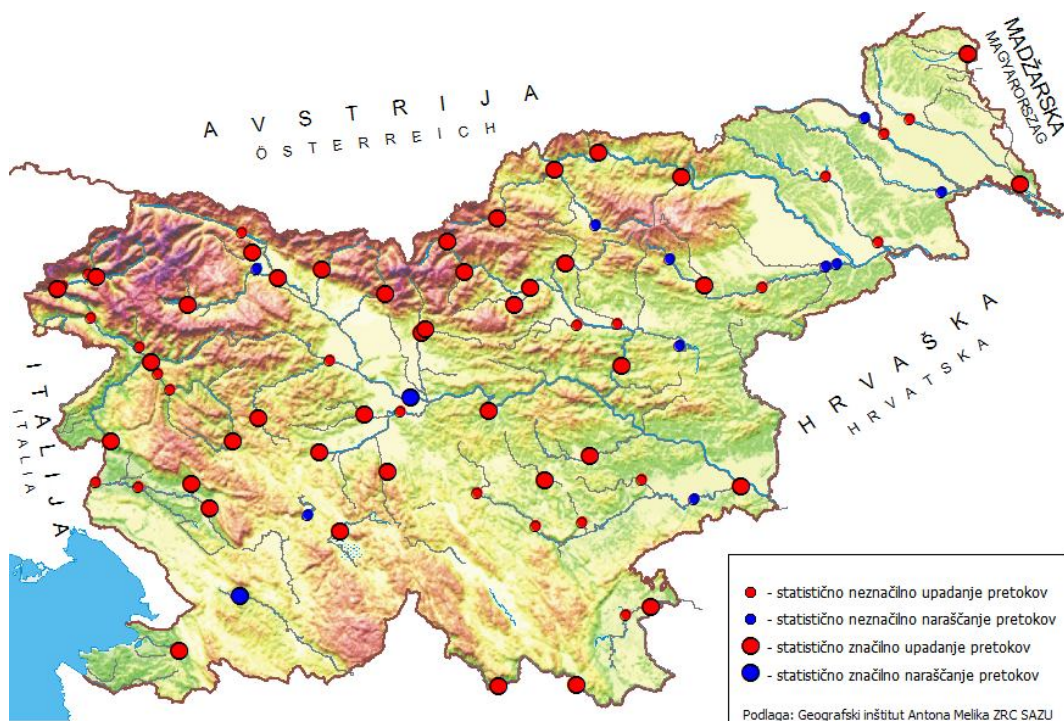


Slika 11: Stopnja značilnosti za obstoj trendov najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov

Figure 11: Significance level of trends in 7-day annual minimum daily flows

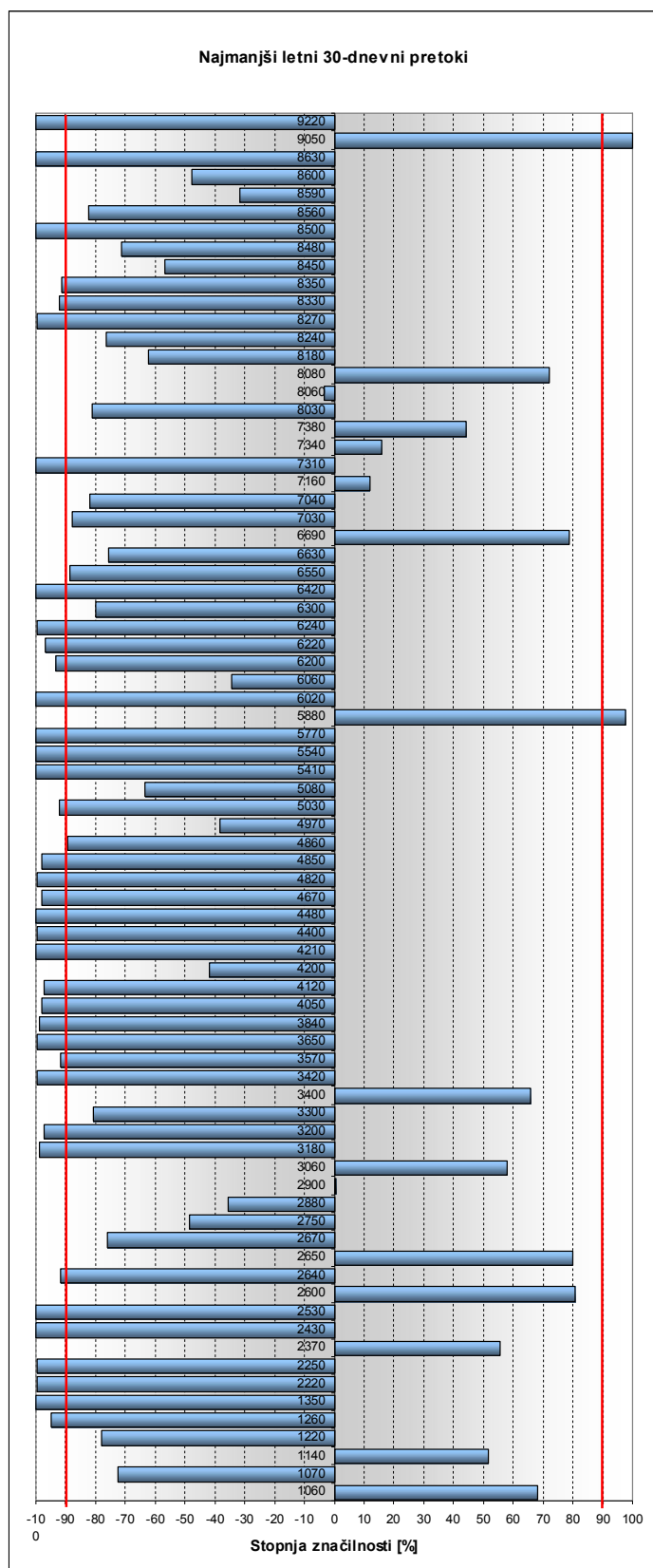
5.4 Trend najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov

Od skupno 12 postaj, ki izkazujejo trend naraščanja najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov, izkazujeja postaji Šentjakob in Cerkvenikov mlin statistično značilen trend za stopnji značilnosti 90% in 95%. Preostalih 10 postaj izkazuje statistično neznačilen naraščajoči trend – pri postajah Dovže, Videm, Mlino in Hasberg se stopnja značilnosti giblje med 50 in 90%, postaje Gornja Radgona, Pristava, Zreče, Tržec, Črnolica in Podbočje pa izkazujejo naraščajoči trend s stopnjo značilnosti 0 do 50%. Statistično značilen padajoč trend izkazuje 40 opazovanih postaj. Pri 99% stopnji značilnosti je trend statistično značilen na 23 postajah, statistično značilen padajoči trend z 99,9% stopnjo značilnosti pa izkazuje 8 postaj. Statistično neznačilno upadanje pretokov je prisotno na 25 postajah, izmed katerih padajoč trend s stopnjo značilnosti med 0 in 50% izkazujejo postaje Zamušani, Jesenice, Gradac in Kobarid. Postaje Petanjci, Polana, Makole, Gočova, Stara fužina, Suha, Moste, Šoštanj, Dolenja vas, Levec, Podbukovje, Dvor, Prečna, Škocjan, Log Čezsoški, Kal-Koritnica, Tolmin, Hotešk, Dolenja Trebuša, Dornberg in Miren zaznamuje trend s stopnjo značilnosti med 50 in 90%.



Slika 12: Trend najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov

Figure 12: Trend of 30-day annual minimum daily flows at individual stations

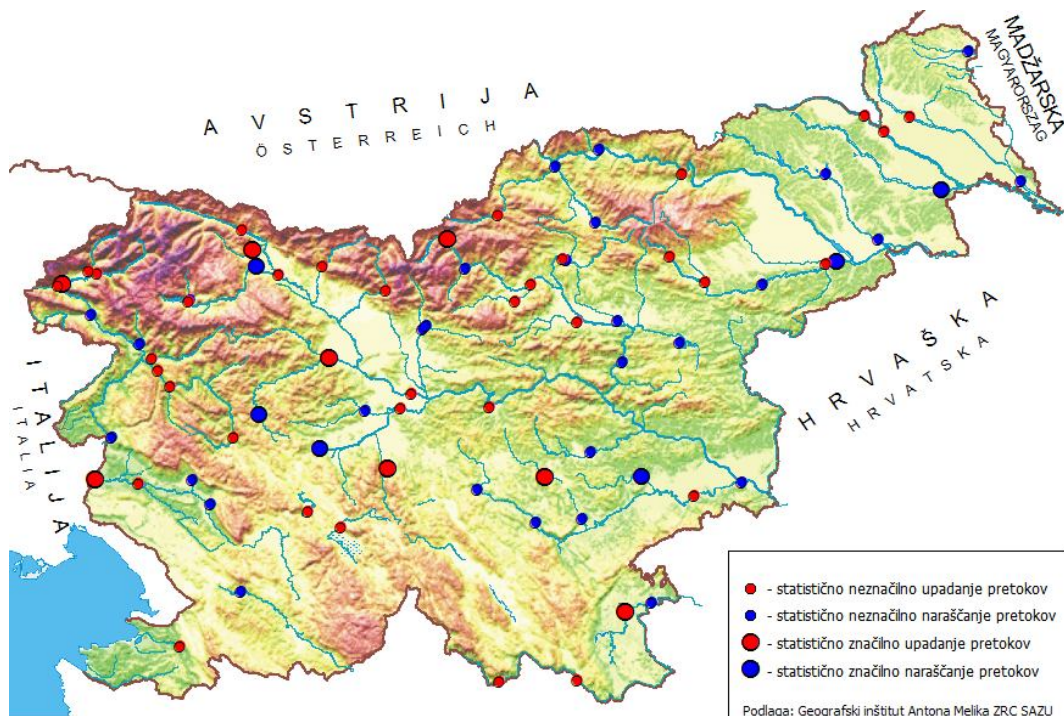


Slika 13: Stopnja značilnosti za obstoj trendov najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov

Figure 13: Significance level of trends in 30-day annual minimum daily flows

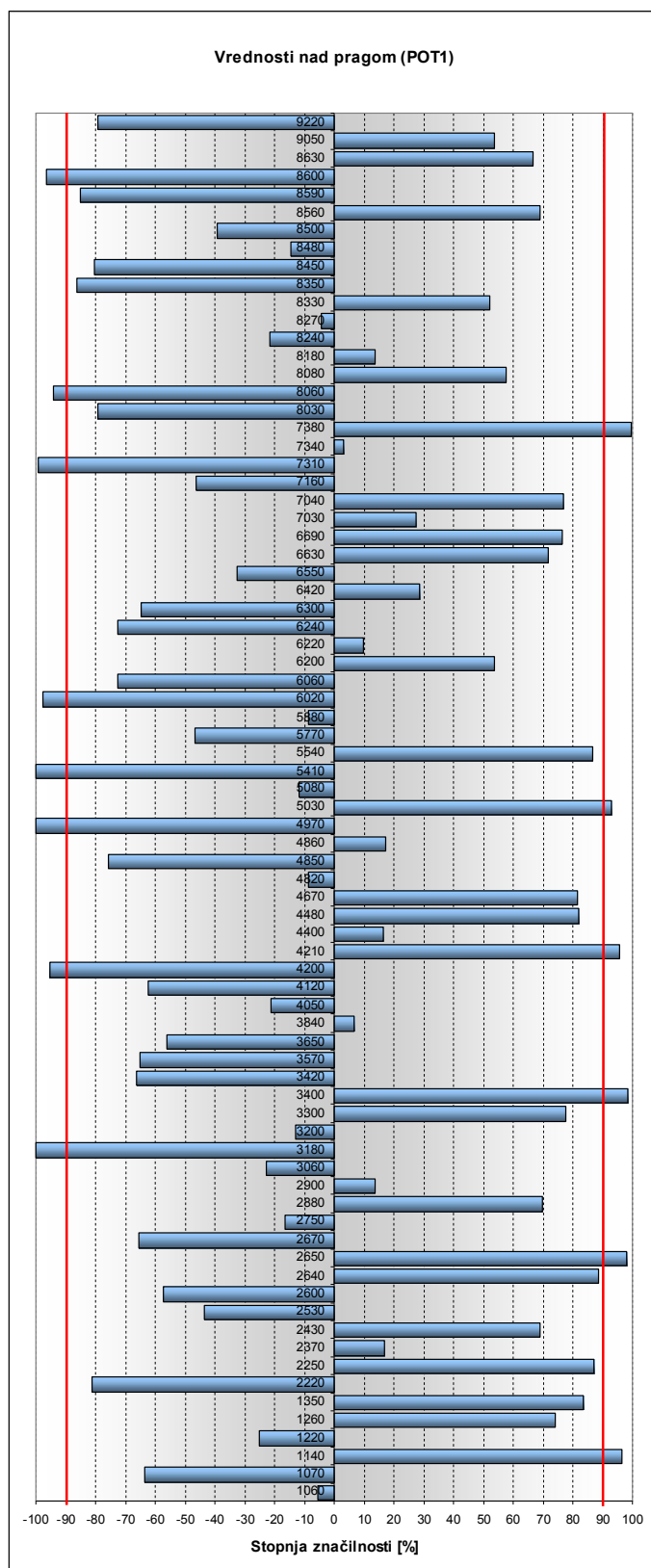
5.5 Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov (POT1)

Naraščajoč trend v povprečju ene vrednosti nad pragom letno izkazuje 35 postaj, izmed katerih je na 6 postajah trend statistično značilen. Na vodomerni postaji Vrhnika je trend statistično značilen ob upoštevanju 90% stopnje značilnosti, medtem, ko je na postajah Ščavnica, Videm, Mlino, Žiri in Škocjan trend statistično značilen tudi ob upoštevanju 95%, 99% in 99,9% stopnje značilnosti. Na ostalih 29 postaj, kjer je prisoten trend naraščanja statistično neznačilen 19 postaj izkazuje trend s stopnjo značilnosti med 50% in 90%, 10 postaj pa neznačilen trend naraščanja s stopnjo značilnosti med 0% in 50%. Padajoči trend je prisoten na 42 postajah, izmed katerih je trend statistično značilen na 8 vodomernih postajah. Na postajah Podhom, Gradac in Iška je trend najbolj značilen, saj stopnja značilnosti presega 99,9%, sledi jim Rožni Vrh s stopnjo značilnosti 99% ter postaje Suha, Solčava in Miren s po 95% in Log Čezsoški z 90% stopnjo značilnosti. Statistično neznačilen trend upadanja visokih ekstremov izkazuje 34 postaj, izmed katerih polovica izkazuje statistično neznačilen padajoči trend s stopnjo značilnosti 50% do 90%, polovica pa s stopnjo značilnosti od 0% do 50%.



Slika 14: Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno (POT1)

Figure 14: Trend in flood magnitude on average once a year (POT1)

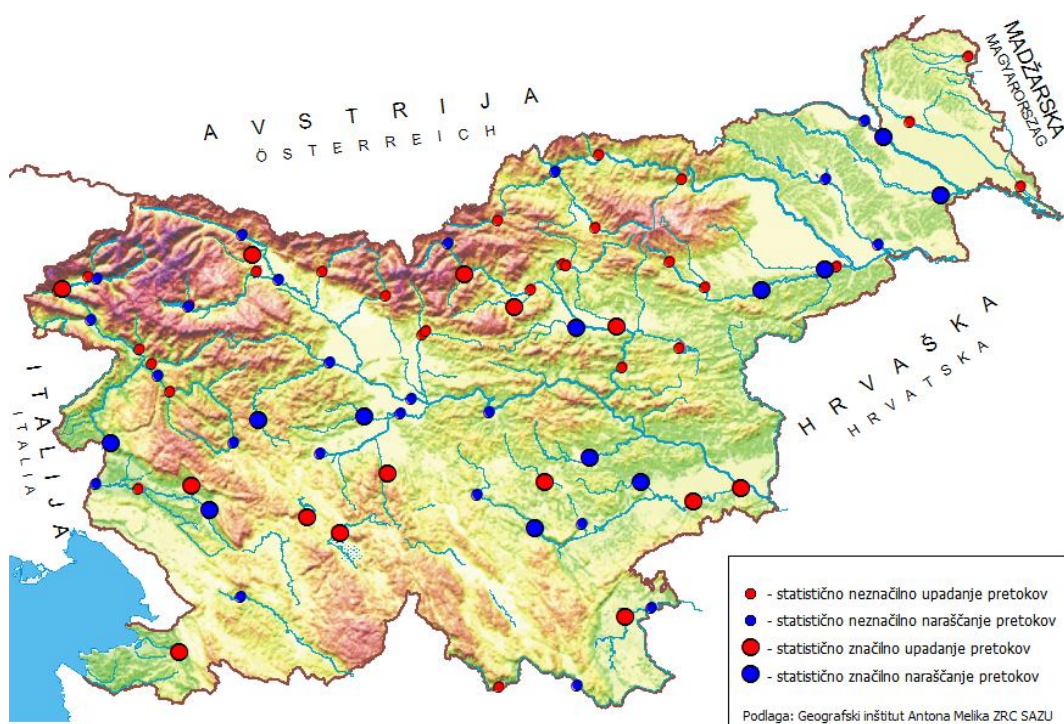


Slika 15: Stopnja značilnosti za obstoj trenda ekstremnih vrednosti nad pragom (POT1)

Figure 15: Significance level of trends in flood magnitude (POT1)

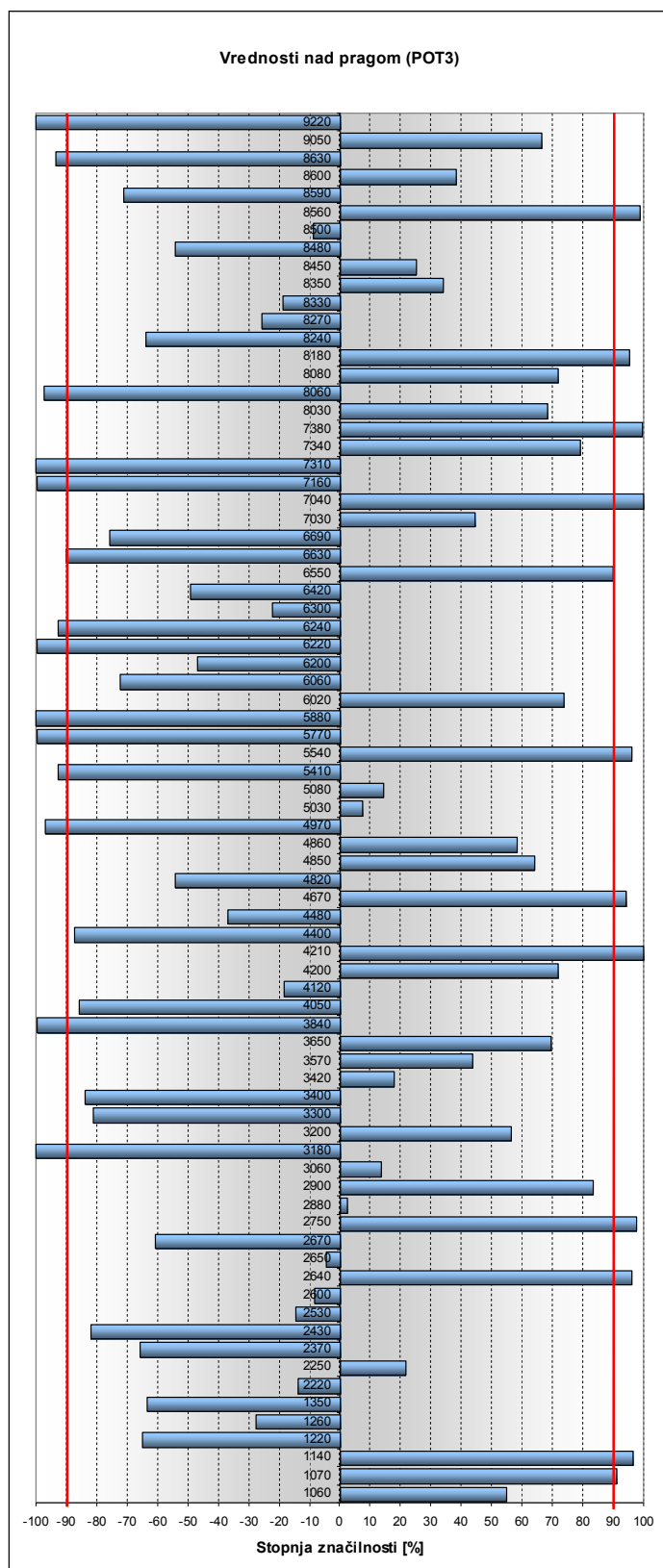
5.6 Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov (POT3)

Trend naraščanja v povprečju treh vrednosti nad pragom letno izkazuje 35 postaj, izmed katerih jih statistično značilen trend naraščanja s stopnjo značilnosti nad 90% izkazuje 12 vodomernih postaj. Na postajah Pristava, Makole, Tržec, Žiri, Razori, Škocjan, Solkan in Vipava je trend še statistično značilen pri stopnji značilnosti 99%, na postaji Dvor pa tudi pri 99,9% stopnji značilnosti. Izmed preostalih 23 postajah, kjer je trend naraščanja statistično neznačilen, jih 12 izkazuje trend naraščanja s stopnjo značilnosti med 50% in 90%, na 11 postajah pa trenda skoraj ni - stopnja značilnosti med 0 in 50. Izmed 42 postaj, na katerih je trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov s tremi vrednostmi nad pragom letno padajoč, je trend statistično značilen na 14 postajah. Na postajah Podhom, Hasberg, Rožni Vrh in Kubed je trend še statistično značilen ob upoštevanju 99,9% stopnje značilnosti. Izmed 28 postaj, kjer je trend upadanja statistično neznačilen, se na 15 postajah stopnja značilnosti giba med 50% in 90%, na 13 postajah pa med 0 in 50%.



Slika 16: Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno (POT3)

Figure 16: Trend in flood magnitude on average three times a year (POT3)



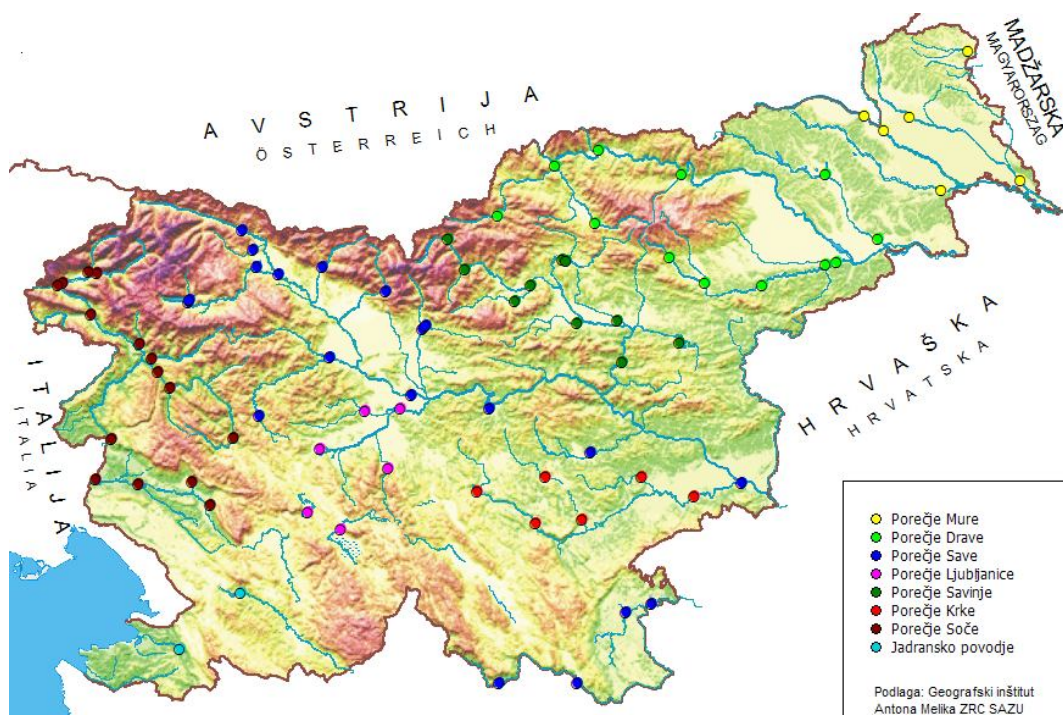
Slika 17: Stopnja značilnosti za obstoj trenda ekstremnih vrednosti nad pragom (POT3)

Figure 17: Significance level of trends in flood magnitude (POT3)

5.7 Pregled trendov po porečjih

V nadaljevanju so podani rezultati analize trendov po posameznih porečjih, ki sestavljajo hidrološko mrežo vodotokov in potokov v Sloveniji:

- Porečje Mure,
- Porečje Drave,
- Porečje Save
- Porečje Ljubljanice
- Porečje Savinje
- Porečje Krke
- Porečje Soče
- Jadransko povodje



Slika 18: Pregled analiziranih postaj po porečjih

Figure 18: Review of analyzed stations by river basins

5.7.1 Porečje Mure

Porečje reke Mure sestavljajo mejna Mura na odseku, ki meji z Avstrijo, vključno s pritokom Kučnica, notranja Mura od Kučnice do meje z Madžarsko, Ledava s Krko na območju RS in Kobiljskim potokom in Ščavnica. Na povodju Mure je na vodotokih Mura, Ščavnica, Ledava in Velika Krka analiziranih 6 vodomernih postaj: Gornja Radgona, Petanjci, Pristava, Polana, Čentiba in Hodoš. Trendi posameznih indeksov pretokov se med seboj precej razlikujejo, zaradi česar povodju Mure ne moremo pripisati statistično značilno naraščajoče ali padajoče narave pretokov. Energetska raba vode Mure v Avstriji je dodatni oteževalni faktor, ki v določeni meri vpliva na rezultate analize trendov.

Preglednica 4: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Mure

Table 4: Trends of individual streamflow indexes on Mura river basin

Porečje Mure		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Gornja Radgona	1060	-1,10%	68,20%	17,16%	24,50%	-5,59%	54,95%
Petanjci	1070	-83,75%	-72,68%	-88,61%	31,81%	-63,47%	91,23%
Pristava	1140	-98,67%	51,75%	9,42%	53,70%	96,42%	96,58%
Polana	1220	-99,37%	-77,80%	-86,12%	-95,35%	-24,94%	-64,82%
Čentiba	1260	-66,68%	-94,70%	-94,70%	-27,60%	74,18%	-27,40%
Hodoš	1350	-98,50%	-99,92%	-99,68%	-61,88%	83,68%	-63,47%

- Statistično značilen naraščajoč trend
- Statistično neznačilen naraščajoč trend
- Statistično neznačilen padajoč trend
- Statistično značilen padajoč trend

Srednji letni pretoki na vseh postajah upadajo, na pritokih Mure Ščavnica, Ledava in Velika Krka pa je trend upadanja statistično značilen. Vodotok Mura na postajah Gornja Radgona in Petanjci ter Ledava na postaji Čentiba sicer kažejo na trend upadanja, vendar ta ni statistično značilen.

Največji letni srednji dnevni pretoki na vodotokih Mura in Ščavnica statistično neznačilno naraščajo, Velika Krka na postaji Hodoš pa izkazuje statistično neznačilno upadanje pretokov. Na vodotoku Ledava postaji Čentiba in Polana kažeta na upadanje največjih letnih srednjih dnevnih pretokov; na slednji je ta statistično značilen.

V analizi najmanjših letnih 7- in 30-dnevnih pretokov sta statistično značilen trend upadanja pretokov izkazali postaji Čentiba na Ledavi in Hodoš na Veliki Krki, medtem ko so trendi preostalih postaj statistično neznačilni.

Polovica analiziranih postaj v porečju Mure izkazuje trend naraščanja ekstremnih vrednosti nad pragom (POT1), trend pa je statistično značilen na postaji Pristava na Ščavnici. Na vodotoku Mura je na postajah Gornja Radgona in Petanjci prisoten trend upadanja statistično neznačilen. Trend v povprečju treh ekstremnih vrednosti nad pragom letno (POT3) kaže statistično značilen trend naraščanja na postajah Petanjci in Pristava.

5.7.2 Porečje Drave

Porečje sestavljajo Drava 1 od državne meje pri Viču do jezua v Melju (Maribor), Drava 2 od jezua v Melju do meje z Republiko Hrvaško pod Središčem, Pesnica, Meža z Mislinjo, Polskava in Dravinja. Na povodju Drave je analiziranih 12 vodomernih postaj na vodotokih Meža, Mislinja, Bistrica, Radoljna, Dravinja, Oplotnica, Polskava in Pesnica. Statistično značilni trendi indeksov nizkih, srednjih in visokih pretokov so v glavnem padajoči, statistično značilni trendi ekstremov pa naraščajoči.

Trend srednjih letnih pretokov na vseh postajah z izjemo postaj Ruta in Tržec izkazuje upadanje. Statistično značilen trend upadanja na vodotokih Meža, Bistrica in Pesnica izkazuje tretjina vodomernih postaj: Zamušani, Muta, Otiški Vrh in Črna. Postaji Tržec na Polskavi in Ruta na Radoljni izkazujeta trend naraščanja, ki je statistično neznačilen. Postaje na Dravinji, Mislinji, Oplotnici in Pesnici izkazujejo neznačilen trend upadanja pretokov.

Pri analizi največjih letnih srednjih dnevni pretokov izkazuje polovica postaj trend naraščanja, polovica pa trend upadanja. Statistično značilen trend naraščanja izkazuje postaji Videm in Makole na Dravinji ter Tržec na Polskavi, značilen trend upadanja pa je prisoten na postajah Otiški Vrh na Meži, Dovže na Mislinji in Muta na Bistrici.

Preglednica 5: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Drave

Table 5: Trends of individual streamflow indexes on Drava river basin

Porečje Drave		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Črna	2220	-99,64%	-99,67%	-99,88%	-63,86%	-81,37%	-13,65%
Otiški Vrh	2250	-98,18%	-99,60%	-99,30%	-91,42%	87,13%	21,82%
Dovže	2370	-81,80%	55,43%	76,93%	-93,60%	16,87%	-65,53%
Muta	2430	-99,99%	-99,99%	-99,99%	-98,23%	68,88%	-81,85%
Ruta	2530	9,86%	-99,96%	-99,60%	85,47%	-43,36%	-14,39%
Zreče	2600	-40,16%	80,69%	0,00%	-31,30%	-57,11%	-8,31%
Makole	2640	-2,47%	-91,73%	-80,69%	89,94%	88,59%	95,96%
Videm	2650	-49,28%	80,10%	80,67%	91,61%	98,20%	-4,53%
Draža vas	2670	-50,46%	-76,10%	-90,57%	-21,97%	-65,55%	-60,77%
Tržec	2750	37,65%	-48,60%	7,33%	97,60%	-16,41%	97,67%
Gočova	2880	-82,68%	-35,67%	-65,96%	38,57%	69,95%	2,54%
Zamušani	2900	-95,86%	0,61%	-14,60%	39,27%	13,78%	83,62%

- Statistično značilen naraščajoč trend
- Statistično neznačilen naraščajoč trend
- Statistično neznačilen padajoč trend
- Statistično značilen padajoč trend

Najmanjši letni 7- in 30-dnevni pretoki povečini upadajo, 6 postaj na vodotokih Meža, Bistrica, Radoljna in Dravinja pa izkazuje statistično značilen trend upadanja pretokov: Ruta, Muta, Otiški Vrh in Črna, postaji Draža vas (le pri najmanjših 30-dnevnih pretokih) in Makole (le pri najmanjših 7-dnevnih pretokih).

Statistično značilen trend naraščanja visokih ekstremov je zaslediti na postajah Videm (POT1) in Makole (POT3) na Dravinji ter Tržec na Polskavi (POT3). Na preostalih postajah je trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat oz. trikrat letno statistično neznačilen.

5.7.3 *Porečje Save*

Območje Save obsega porečje Save s pritoki, od izvira Save Dolinke in izvira Save Bohinjke, do sotočja s Soro, vključno s Soro, od sotočja s Savinjo do hrvaške meje z vsemi pritoki, vključno z delom porečja reke Kolpe, od izvira do sotočja z Dolskim potokom do hrvaške meje in delom Sotle, od sotočja z Bistrico do hrvaške meje. Na vodotokih Sava Dolinka, Radovna, Sava Bohinjka, Mostnica, Jezernica, Sava, Tržiška Bistrica, Kokra, Sora, Poljanska Sora, Kamniška Bistrica, Nevljica, Mirna, Kolpa in Lahinja je analiziranih 20 vodomernih postaj. Geografska raznolikost povodja se odraža v različnih trendih spreminjanja pretokov. Statistično značilni trendi indeksov pretokov porečja Save so povečini padajoči.

Analiza srednjih letnih pretokov na povodju Save izkazuje lokalni padajoč trend. 14 izmed 20 zajetih postaj namreč kaže na statistično značilno upadanje srednjih letnih pretokov, neznačilen trend naraščanja pretokov kaže le postaja Mlino na Jezernici. Na postajah Žiri, Kamnik, Nevlje, Martinja vas in Gradac trend srednjih letnih pretokov ni statistično značilen.

Največji letni srednji dnevni pretoki na povodju Save izkazujejo pretežno padajoč trend. Tri četrtine postaj, na katerih je trend statistično izrazit, izkazujejo trend upadanja največjih letnih srednjih dnevnih pretokov. Trend naraščanja največjih pretokov je statistično značilen na postaji Žiri na vodotoku Poljanska Sora in postaji Mlino na Jezernici, statistično značilen trend upadanja pretokov pa je prisoten na postajah Podhom, Šentjakob, Čatež, Preska, Kokra in Radenci.

Najmanjši letni srednji dnevni pretoki na porečju Save statistično značilno upadajo – statistično značilen trend upadanja izkazuje kar tri četrtine postaj porečja Save. Izjema so pri najmanjših letnih 7-dnevnih pretokih postaje Jesenice, Stara Fužina, Mlino, Suha, Metlika in Gradac, kjer so trendi statistično neznačilni. Na postaji Šentjakob je trend najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov statistično značilen.

Preglednica 6: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Save

Table 6: Trends of individual streamflow indexes on Sava river basin

Porečje sp. in zg. Save		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Jesenice	3060	-99,25%	-74,32%	57,90%	-4,16%	-22,89%	13,68%
Podhom	3180	-98,63%	-99,92%	-98,90%	-92,66%	-99,97%	-99,99%
Sveti Janez	3200	-99,00%	-56,97%	-97,29%	-99,00%	-13,11%	56,60%
Stara Fužina	3300	-99,83%	-78,80%	-80,71%	-83,94%	77,75%	-81,10%
Mlino	3400	83,24%	97,85%	65,77%	84,26%	98,26%	-83,94%
Radovljica	3420	-94,86%	12,19%	-99,67%	-99,79%	-66,24%	17,91%
Šentjakob	3570	-99,99%	-99,80%	-91,67%	98,13%	-65,25%	43,90%
Litija	3650	-99,88%	-26,42%	-99,42%	-99,69%	-56,15%	69,50%
Čatež	3840	-99,98%	-94,13%	-98,79%	-93,49%	6,62%	-99,55%
Preska	4050	-99,55%	-98,19%	-98,10%	-99,86%	-21,20%	-85,88%
Kokra	4120	-99,96%	-99,70%	-97,26%	-99,55%	-62,54%	-18,17%
Suha	4200	-92,28%	31,84%	-41,93%	-89,25%	-95,32%	71,78%
Žiri	4210	-49,32%	99,99%	-99,82%	-98,95%	95,60%	99,88%
Kamnik	4400	-87,92%	-88,12%	-99,53%	-99,47%	16,38%	-87,21%
Nevlje	4480	-73,28%	64,90%	-99,91%	-99,10%	81,94%	-36,93%
Martinja vas	4670	-74,41%	58,82%	-98,17%	-99,30%	81,51%	94,35%
Petrina	4820	-92,40%	-83,70%	-99,48%	-97,42%	-8,55%	-53,99%
Radenci	4850	-99,70%	-95,83%	-98,12%	-97,00%	-75,86%	64,21%
Metlika	4860	-94,84%	17,12%	-89,45%	-90,67%	17,13%	58,26%
Gradac	4970	-76,44%	24,59%	-38,28%	-35,90%	-99,95%	-96,90%

- - Statistično značilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen padajoč trend
- - Statistično značilen padajoč trend

Trend naraščanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno je statistično značilen na postajah Mlino in Žiri, statistično značilen trend upadanja ekstremnih pretokov pa je prisoten na vodomernih postajah Podhom, Suha in Gradac. Statistično značilen trend upadanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno je prisoten na postajah Podhom, Čatež in Gradac, statistično značilno povečevanje števila ekstremnih pretokov pa izkazujeta postaji Žiri in Martinja vas.

5.7.4 Porečje Ljubljanice

Območje porečja Ljubljanice obsega vodotoke s Cerkniskega kraka - Ljubljanica, Iška, Šujica, Unica in Cerkniščica, v analizo trendov pa je zajetih 6 vodomernih postaj. Trend analiziranih indeksov pretokov je pretežno padajoč, pri čimer izstopata postaji Iška na vodotoku Iška ter Cerknica na vodotoku Cerkniščica, kjer je trend upadanja statistično značilen za praktično vse indekse pretokov.

Srednji letni pretoki kažejo trend upadanja na celotnem povodju, ki je na postajah Cerknica, Razori, Iška in Vrhnika statistično značilen, pretoki na postajah Hasberg in Moste pa so neznačilno padajoči. Največji letni srednji dnevni pretoki so na postajah Iška, Cerknica in Hasberg statistično značilno padajoči, na postajah Vrhnika, Moste in Razori pa neznačilno naraščajoči.

Preglednica 7: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Ljubljanice

Table 7: Trends of individual streamflow indexes on Ljubljanica river basin

Porečje Ljubljanice		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Vrhnika	5030	-98,20%	-92,17%	-89,97%	15,51%	93,13%	7,42%
Moste	5080	-44,26%	-63,48%	-51,70%	34,93%	-11,66%	14,33%
Iška	5410	-99,35%	-99,98%	-99,72%	-99,99%	-99,91%	-92,80%
Razori	5540	-99,99%	-99,99%	-99,99%	73,70%	86,83%	96,27%
Cerknica	5770	-99,99%	-99,99%	-99,99%	-98,41%	-46,84%	-99,74%
Hasberg	5880	-87,57%	97,64%	89,48%	-99,94%	-8,59%	-99,97%

- Statistično značilen naraščajoč trend
- Statistično neznačilen naraščajoč trend
- Statistično neznačilen padajoč trend
- Statistično značilen padajoč trend

Pri analizi najmanjših letnih 7- in 30-dnevnih pretokov prevladujejo statistično značilni trendi upadanja pretokov Cerknica, Razori in Iška), z izjemo statistično značilnega trenda naraščanja najmanjših 7-dnevnih pretokov na postaji Hasberg.

Naraščajoč trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno je statistično značilen na vodomerni postaji Vrhnika na vodotoku Ljubljana, na postaji Iška na vodotoku Iška pa pretoki statistično značilno upadajo. Analiza trenda pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno kaže statistično značilen trend upadanja pretokov polovice postaj – Iška, Cerknica in Hasberg ter statistično značilen trend naraščanja pretokov na postaji Razori na vodotoku Šujica.

5.7.5 Porečje Savinje

Območje Savinje, ki obsega porečje Savinje s pritoki, vključno z delom porečja reke Sotle, od izvira do sotočja z Bistrico izkazuje večinoma trende upadanja pretokov, ki so na več kot polovici postaj statistično značilno padajoči. V analizo je s porečja Savinje zajetih 10 vodomernih postaj na vodotokih Savinja, Lučnica, Dreta, Paka, Velunja, Bolska, Ložnica in Voglajna.

Preglednica 8: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Savinje

Table 8: Trends of individual streamflow indexes on Savinja river basin

Porečje Savinje		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Solčava	6020	-99,83%	-99,96%	-99,97%	-62,13%	-97,52%	73,67%
Nazarje	6060	-99,44%	-34,33%	-98,25%	-13,20%	-72,74%	-72,21%
Laško	6200	-71,71%	-93,43%	-90,24%	-76,25%	53,85%	-46,82%
Luče	6220	-98,90%	-96,90%	-98,90%	-98,99%	9,66%	-99,80%
Kraše	6240	-98,83%	-99,48%	-99,31%	-99,87%	-72,48%	-92,87%
Šoštanj	6300	-87,82%	-79,93%	-74,81%	-70,43%	-64,70%	-22,10%
Šoštanj	6420	-99,99%	-99,99%	-99,99%	-99,99%	28,45%	-49,17%
Dolenja vas	6550	-28,42%	-88,70%	-62,65%	53,35%	-32,45%	90,15%
Levec	6630	-46,27%	-75,45%	-64,83%	-56,12%	71,84%	-90,10%
Črnolica	6690	-98,49%	78,80%	48,50%	-99,83%	76,38%	-75,91%

- - Statistično značilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen padajoč trend
- - Statistično značilen padajoč trend

Analiza srednjih dnevni pretokov je pokazala, da vseh 10 postaj kaže upadanje pretokov, od katerih je na šestih trend statistično značilen (Črnlolica, Šoštanj, Kraše, Luče, Nazarje in Solčava). Postaje Črnlolica, Šoštanj, Kraše in Luče kažejo značilno padajoči trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov, na preostalih postajah pa je trend statistično neznačilen - na postaji Dolenja vas je naraščajoč, na postajah Levec, Šoštanj, Laško, Nazarje in Solčava pa padajoč.

Najmanjši letni 7-dnevni pretoki na polovici postaj statistično značilno upadajo (Šoštanj, Kraše, Luče, Laško in Solčava). Na postaji Črnlolica pretoki statistično neznačilno naraščajo, na postajah Levec, Dolenja vas, Šoštanj in Nazarje pa upadajo. Najmanjši letni 30-dnevni pretoki na šestih postajah statistično značilno upadajo (Šoštanj, Kraše, Luče, Laško, Nazarje in Solčava), na postaji Črnlolica pa statistično neznačilno naraščajo.

Trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno na postajah na porečju Savinje ni statistično značilen. Polovica postaj izkazuje trend naraščanja pretokov, polovica pa trend upadanja, pri čimer postaja Solčava na vodotoku Savinja izkazuje statistično značilen trend upadanja. Trend upadanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno je statistično značilen na treh postajah – Luče, Kraše in Levec, statistično značilen trend naraščanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov pa je prisoten na postaji Dolenja vas na vodotoku Bolska.

5.7.6 Porečje Krke

Porečje Krke sestavljajo vodotoki Krka, Temenica, Prečna in Radulja. V analizo trendov je zajetih 6 vodomernih postaj s porečja Krke na vodotokih Krka, Temenica, Prečna in Radulja. Izmed analiziranih postaj izstopa postaja Rožni Vrh na Vodotoku Temenica, ki izkazuje statistično značilen trend upadanja za večino analiziranih indeksov pretokov.

Srednji letni pretoki kažejo na porečju Krke lokalno upadanje. Statistično značilen trend upadanja je prisoten na polovici postaj (Rožni Vrh, Dvor in Podbukovje), preostala polovica postaj pa kaže statistično neznačilen trend upadanja pretokov (Škocjan, Prečna in Podbočje).

Preglednica 9: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Krke

Table 9: Trends of individual streamflow indexes on Krka river basin

Porečje Krke		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Podbukovje	7030	-99,35%	-87,88%	-74,83%	-38,60%	27,26%	44,66%
Dvor	7040	-92,10%	-81,81%	-79,88%	99,99%	76,72%	99,99%
Podbočje	7160	-71,94%	11,87%	17,72%	-89,16%	-46,24%	-99,57%
Rožni Vrh	7310	-96,46%	-99,99%	-99,94%	-88,80%	-99,32%	-99,93%
Prečna	7340	-85,91%	15,80%	-69,59%	-7,33%	3,33%	79,29%
Škocjan	7380	-77,48%	44,27%	-53,80%	92,34%	99,65%	99,65%

- - Statistično značilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen padajoč trend
- - Statistično značilen padajoč trend

Postaji Škocjan in Dvor kažeta trend naraščanja največjih letnih srednjih dnevni pretokov, medtem ko ostale postaje izkazujejo statistično neznačilen padajoč trend pretokov (Prečna, Rožni Vrh, Podbočje in Podbukovje).

Najmanjši letni 7- in 30-dnevni pretoki ne kažejo lokalnih vzorcev, prisoten je le statistično značilen trend upadanja pretokov na postaji Rožni Vrh za 7- in 30-dnevne pretoke. Postaje Škocjan, Prečna in Podbočje kažejo neznačilen trend naraščanja, postaji Dvor in Podbukovje pa trend upadanja najmanjših 7-dnevni pretokov. Postaje Škocjan, Prečna, Dvor in Podbukovje kažejo neznačilen trend upadanja, statistično neznačilen trend naraščanja pa je prisoten na postaji Podbočje.

Naraščajoč trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat in trikrat letno je na vodomerni postaji Škocjan na vodotoku Radulja statistično značilen. Prav tako je statistično značilen tudi trend naraščanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno na postaji Dvor na vodotoku Krka. Statistično značilen trend upadanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov kažeta postaji Podbočje in Rožni Vrh.

5.7.7 Porečje Soče

Porečje obsega reko Sočo z mejnimi vodotoki Koritnica, Učėja, Nadiža, Reka, Idrija, Bača, Idrija in Vipava. Pretoki na porečju Soče izkazujejo lokalni trend upadanja. V analizo trendov je z območja porečja Soče zajetih 15 vodomernih postaj na vodotokih Soča, Koritnica, Učja, Tolminka, Idrija, Trebuša, Bača, Vipava in Hubelj. Trendi indeksov srednjih, največjih in najmanjših 7- in 30-dnevnih pretokov so večinoma padajoči, na več kot polovici postaj pa so statistično značilni.

Preglednica 10: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah porečja Soče

Table 10: Trends of individual streamflow indexes on Soča river basin

Porečje Soče		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Kršovec	8030	-93,61%	-81,20%	-92,96%	-63,73%	-79,13%	68,45%
Log Čezsoški	8060	-99,73%	-3,30%	-79,73%	-93,70%	-94,24%	-97,20%
Kobarid	8080	-71,69%	72,22%	-4,25%	-14,58%	57,52%	71,98%
Solkan	8180	-70,41%	-62,31%	-97,15%	37,25%	13,83%	95,23%
Kal-Koritnica	8240	-98,49%	-76,30%	-73,70%	-96,20%	-21,76%	-63,89%
Žaga	8270	-92,54%	-99,59%	-99,63%	-97,44%	-4,40%	-25,70%
Tolmin	8330	-54,99%	-92,20%	-88,30%	-6,47%	52,29%	-18,70%
Podroteja	8350	-99,99%	-91,46%	-91,74%	-97,92%	-86,23%	34,21%
Hotešk	8450	-85,17%	-56,74%	-54,27%	-73,52%	-80,20%	25,25%
Dolenja Trebuša	8480	-98,20%	-71,32%	-85,34%	-99,96%	-14,41%	-54,10%
Bača pri Modreju	8500	-95,97%	-99,97%	-99,90%	-61,31%	-39,33%	-8,53%
Vipava	8560	-98,72%	-82,42%	-90,24%	38,42%	68,91%	98,84%
Dornberg	8590	-99,47%	-31,73%	-72,95%	-98,98%	-85,20%	-71,11%
Miren	8600	-48,60%	-47,56%	-74,37%	-3,50%	-96,51%	38,43%
Ajdovščina	8630	-97,84%	-99,99%	-99,91%	-40,81%	66,85%	-93,63%

- - Statistično značilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen naraščajoč trend
- - Statistično neznačilen padajoč trend
- - Statistično značilen padajoč trend

Največ statistično značilnih trendov upadanja kažejo srednji letni pretoki, kjer je značilno padajoči trend prisoten na dveh tretjinah opazovanih postaj (Ajdovščina, Dornberg, Vipava, Bača pri Modreju, Dolenja Trebuša, Podroteja, Žaga, Kal-Koritnica, Log Čezsoški in

Kršovec), preostala tretjina postaj pa izkazuje neznačilen trend upadanja pretokov (Miren, Hotešk, Tolmin, Solkan in Kobarid).

Pri največjih letnih srednjih dnevni pretokih je postaj s statistično značilnim trendom nekoliko manj. Postaje Dornberg, Dolenja Trebuša, Podroteja, Kal-Koritnica in Log Čezsoški tako kot pri srednjih letnih pretokih izkazujejo statistično značilen trend upadanja pretokov, pri postajah Ajdovščina, Miren, Bača pri Modreju, Hotešk, Tolmin, Žaga, Kobarid in Kršovec pa pretoki statistično neznačilno upadajo. Postaji Vipava in Solkan kažeta na statistično neznačilen trend naraščanja največjih letnih srednjih dnevni pretokov.

Analiza indeksa najmanjših letnih 7-dnevni pretokov kaže na statistično značilno upadanje pretokov tretjine opazovanih postaj (Ajdovščina, Bača pri Modreju, Podroteja, Kal-Koritnica in Log Čezsoški). Statistično neznačilen trend naraščanja pretokov je prisoten le na postaji Kobarid, na preostalih postajah pa je prisoten statistično neznačilen padajoč trend. Najmanjši letni 30-dnevni pretoki upadajo na vseh postajah, od tega na šestih statistično značilno (Ajdovščina, Vipava, Bača pri Modreju, Žaga, Solkan ter Kršovec).

Padajoči trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat in trikrat letno je na postaji Log Čezsoški statistično značilen. Prav tako je statistično značilen trend upadanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno prisoten na postaji Miren ter na postaji Ajdovščina pri pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno. Postaji Solkan in Vipava kljub statistično značilnemu upadanju nekaterih ostalih indeksov pretokov izkazujeta statistično značilno naraščanje visokih ekstremov v povprečju trikrat letno.





5.7.8 *Jadransko povodje*

Jadransko povodje sestavljajo porečje Reke in drugih potokov z izlivom direktno v morje: Rižana, Osapska reka, Badaševica, Drnica in Dragonja, v analizo pa sta zajeti postaji Cerkenikov mlin na vodotoku Reka in Kubed na vodotoku Rižana.

Preglednica 11: Trendi posameznih indeksov pretokov na postajah Jadranskega povodja

Table 11: Trends of individual streamflow indexes on Jadran river basin

Jadransko povodje		Stopnja značilnosti					
Postaja	Šifra	Qs	Qmin7	Qmin30	Qvp	POT1	POT3
Cerkvenikov mlin	9050	-88,10%	99,98%	99,57%	47,89%	53,57%	66,45%
Kubed	9220	-99,59%	-99,98%	-99,99%	-99,99%	-79,29%	-99,99%

-  - Statistično značilen naraščajoč trend
-  - Statistično neznačilen naraščajoč trend
-  - Statistično neznačilen padajoč trend
-  - Statistično značilen padajoč trend

Postaja Kubed na Rižani izkazuje statistično značilen trend upadanja indeksov srednjih dnevni, največjih dnevni in najmanjših 7- in 30-dnevni pretokov ter statistično značilen trend upadanja pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju trikrat letno. Padajoči trend pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat letno je statistično neznačilen.

Indeksi največjih dnevni pretokov, pogostosti pojavljanja visokih ekstremov v povprečju enkrat in trikrat letno ter najmanjših letni 7- in 30-dnevni pretokov na postaji Cerkvenikov mlin na Reki kažejo trend naraščanja, pri čimer sta slednja statistično značilna. Statistično značilen naraščajoči trend malih pretokov na postaji Cerkvenikov mlin je posledica bogatenja reke Reke v poletnih mesecih iz zadrževalnikov Klivnik in Mola. Zadrževalnika v sušnem obdobju zagotavljata pretok, ki ustreza ekološkemu minimumu. Padajoči trend indeksa srednji letni pretokov je statistično neznačilen.

5.8 Statistično razvrščanje

Z razvrščanjem v skupine združujemo posamezne postaje po principu podobnosti tako, da podatki pod-nizov delijo skupno lastnost. Na podlagi medsebojne razdalje postaj in obnašanja pretokov na posameznih postajah je lepo razvidna regionalna združitev postaj v pet skupin za štiri indekse pretokov – srednji letni pretoki, največji letni srednji dnevni pretoki ter najmanjši letni 7- in 30-dnevni pretoki. S pomočjo statističnega razvrščanja sem objekte (vodomerne postaje) na podlagi hierarhične metode združil v več skupin na podlagi določene mere podobnosti oziroma razdalje med njimi. Za izračun sem uporabil programsko orodje STATISTICA 7, ki ga odlikuje enostavna uporaba in širok nabor različnih statističnih metod za izračun podobnosti med podatki.

5.8.1 *Postopek statističnega razvrščanja*

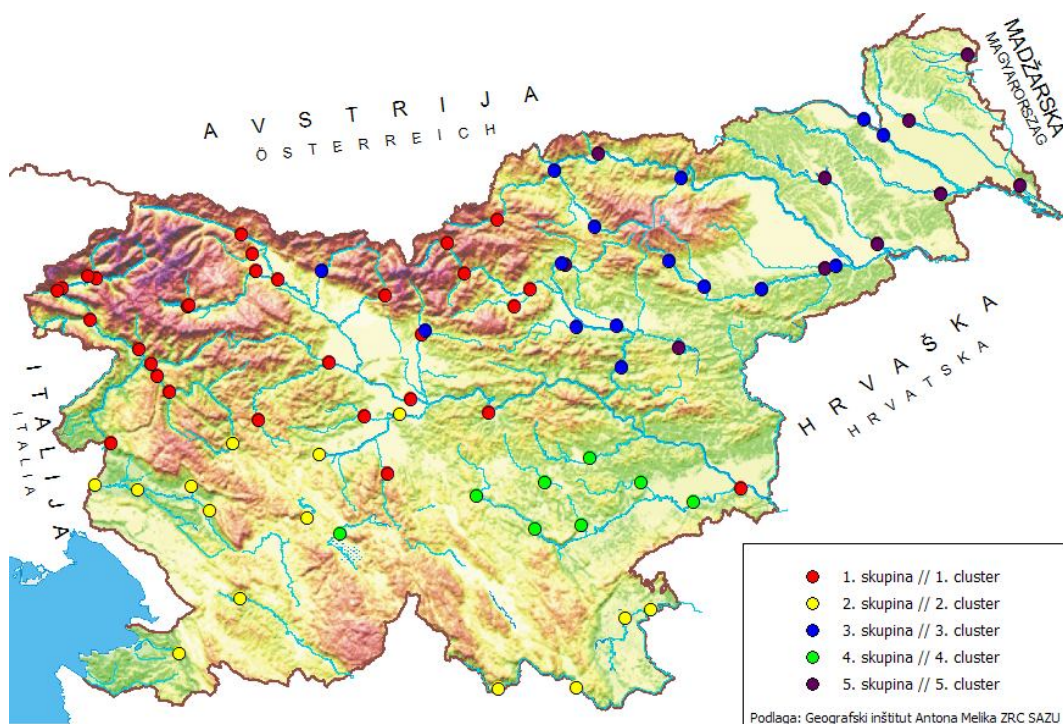
Množica spremenljivk obsega letne pretočne količnike 77 vodomernih postaj, ki so izračunani iz razmerja med povprečnimi letnimi pretoki in povprečnimi pretoki zadnjih 31 let. Podobnost med vodotoki sem izračunal na podlagi razdalje Manhattan, imenovane tudi City Block, ki predstavlja vsoto razlik po dimenzijah x in y . Uporabil sem Wardovo metodo združevanja, ki temelji na zaporednem združevanju dveh ali več skupin v novo skupino, pri čimer se razdalja med skupinama vrednoti z »izgubo informacije«, ki jo povzroča združevanje dveh skupin v novo skupino. Potek postopnega združevanja objektov v skupine grafično ponazarja drevo združevanja ali dendrogram (Priloge H-K). Raven združevanja sem omejil do takšne mere, da sem izmed grupiranih vodomernih postaj pridobil 5 skupin postaj z medsebojno podobnim nihanjem letnih pretokov med leti 1974–2005.

V nadaljevanju so prikazani rezultati statističnega razvrščanja štirih indeksov pretokov – srednjih letnih pretokov, največjih letnih srednjih dnevni pretokov ter najmanjših letnih 7- in 30-dnevni pretokov za 77 vodomernih postaj v Sloveniji. V prvo skupino so združene večinoma postaje SZ dela Slovenije, t.j. Gorenjske in Osrednjeslovenske regije, v drugo skupino postaje južnega dela Slovenije, t.j. Notranjsko-Kraške, Jugovzhodne Slovenije in

delno Goriške regije, v tretjo skupino pa večinoma postaje Savinjske in Podravske regije. Četrta in peta skupina postaj pri obravnavi različnih indeksov pretokov nista prostorsko osredotočeni in ju ne moremo pripisati določenemu predelu Slovenije.

5.8.2 Srednji letni pretoki

Statistično razvrščanje srednjih letnih pretokov nakazuje pet uravnoveženih skupin postaj, izmed katerih največjo skupino predstavljajo postaje na povodjih SZ dela Slovenije, v katero se združuje 30 vodomernih postaj. V to skupino se združujejo vodomerne postaje povodij Soče, Save in zgornji del povodja Savinje. V drugo skupino so razvrščena povodja južnega dela Slovenije, t.j. porečje reke Vipave, Kolpe in tudi reke Ljubljanice. Tretja skupina postaj združuje povodja reke Mure, Dravinje, Oplotnice, Meže, Mislinje in spodnjega toka Savinje s pritoki. V četrti skupini so združene postaje povodij Krke, Prečne, Temenice in Mirne. V peto skupino se združujejo povodja skrajnega SV Slovenije, to so povodja rek Pesnica, Bistrica, Ščavnica, Ledava in Velika Krka.

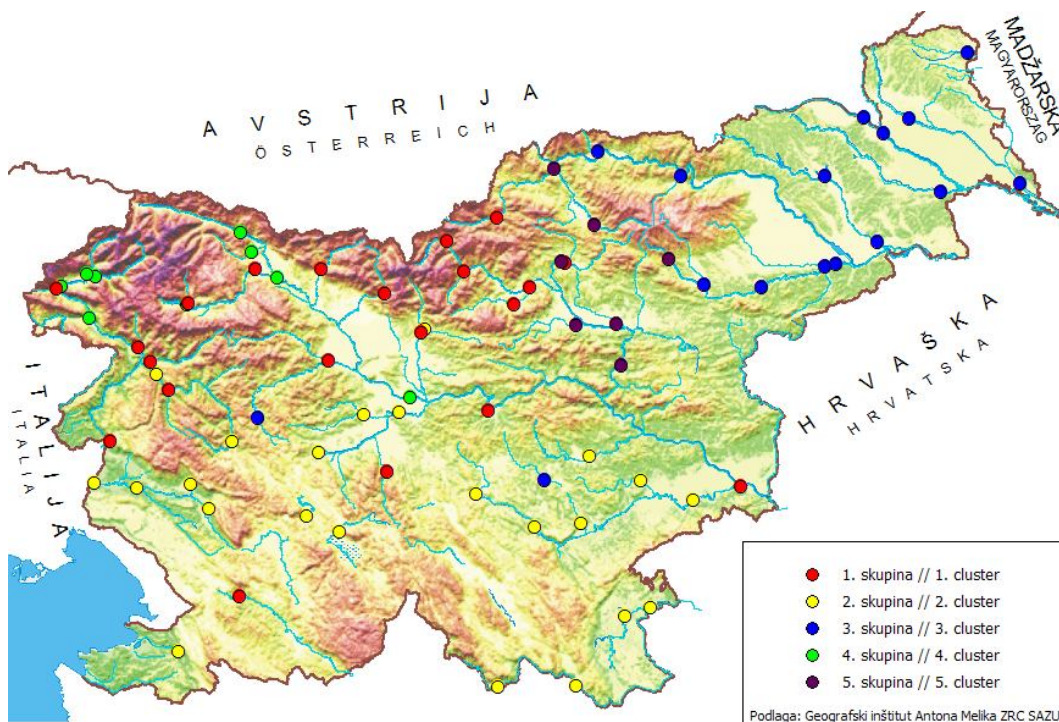


Slika 19: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi srednjih letnih pretokov

Figure 19: Clustered gauging stations on basis of mean annual flow

5.8.3 Največji letni srednji dnevni pretoki

Statistična razvrstitev postaj na podlagi največjih letnih srednjih dnevni pretokov je pokazala večjo razkropljenost postaj kot razvrstitev srednjih letnih pretokov. V prvo skupino postaj se združujejo večinoma postaje rek, katerih povodja segajo v visokogorje. Večinski del skupine 21 postaj je lociran na območju Gorenjske in Osrednjeslovenske regije, posamezne postaje pa segajo tudi v Savinjsko, Notranjsko-Kraško in Spodnjeposavsko regijo. Drugo skupino sestavlja 23 vodomernih postaj južnega dela Slovenije, ki se nahajajo v regijah Jugovzhodne Slovenije, Notranjsko-Kraške in delno Goriške regije. 21 vodomernih postaj SV dela Slovenije pripada tretji skupini, ki vključuje praktično vsa povodja Podravske in Pomurske statistične regije, t.j. povodja rek Mure in Drave, ki vključuje vodomerne postaje rek Mura, Dravinja, Polskava, Ščavnica, Bistrica, Radoljna, Oplotnica, Ledava in Velika Krka. Četrto skupino sestavljajo vodomerne postaje skrajno SZ Slovenije na rekah Soča, Koritnica, Sava, Radovna in Sava Dolinka. Peto skupino sestavljajo postaje na povodjih rek Savinje na območju Savinjske regije ter Mislinje in Meže na območju Koroške regije.

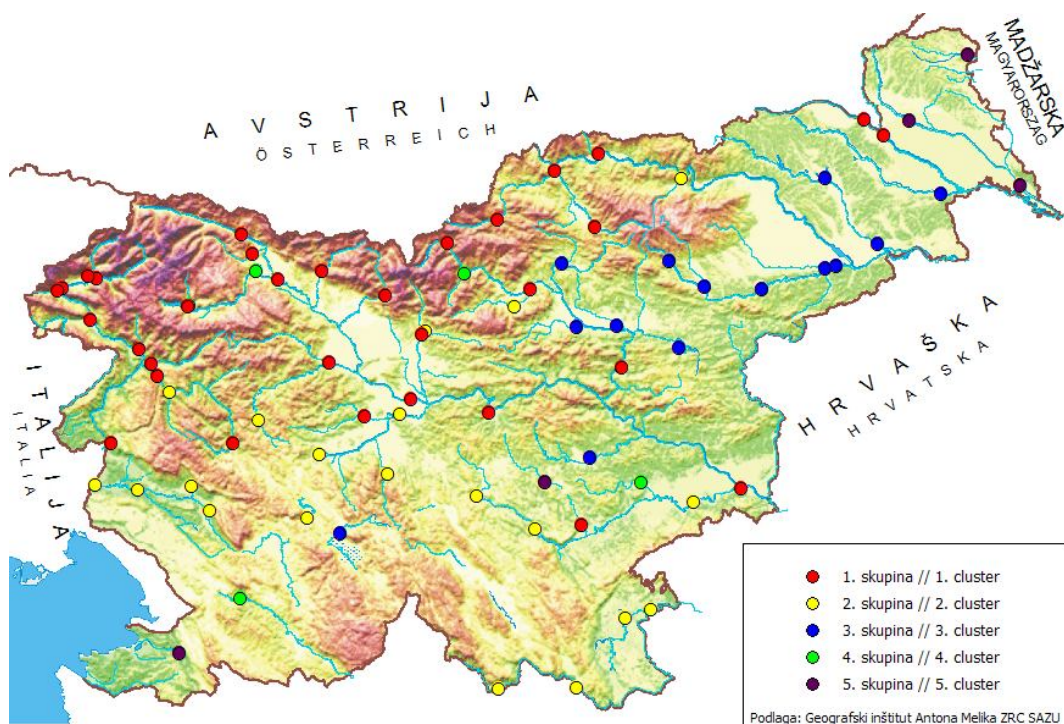


Slika 20: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi največjih letnih srednjih dnevni pretokov

Figure 20: Clustered gauging stations on basis of maximum annual flow

5.8.4 Najmanjši letni 7-dnevni pretoki

Pri statistični razvrstitvi postaj na podlagi najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov število postaj v vsaki skupini precej variira. Prva skupina šteje skupno kar 32 postaj, ki se povečini nahajajo v Gorenjski, Osrednjeslovenski in Koroški statistični regiji (vodotoki Soča, Učja, Bača, Idrijca, Radovna, Sava, Sava Dolinka, Sora, Savinja, Meža, Bistrica, Mislinja), posamezne postaje pa se nahajajo tudi izven območja omenjenih regij (vodotoka Mura in Prečna). Druga skupina skupno 20 postaj zajema večino postaj Goriške, Jugovzhodne Slovenske in delno Osrednjeslovenske regije z vodotoki Vipava, Ljubljanica, Iška, Kolpa, Krka in Poljanska Sora. V tretjo skupino se uvršča 14 vodomernih postaj na območju Podravske in Savinjske regije na vodotokih Dravinja, Oplotnica, Pesnica, Ščavnica, Paka, Ložnica. Četrta in peta skupina postaj štejeta vsaka po 5 vodomernih postaj, ki jih ni mogoče prostorsko opredeliti, saj so postaje medsebojno precej oddaljene (skrajni severovzhod Slovenije in obmorski del).

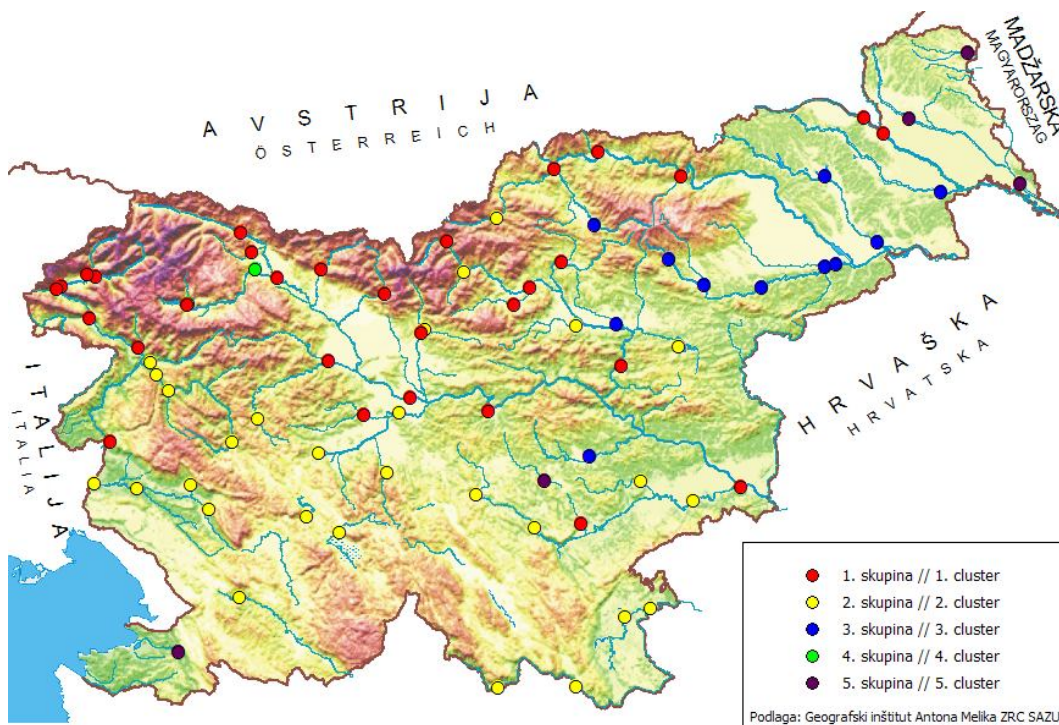


Slika 21: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov

Figure 21: Clustered gauging stations on basis of 7-day annual minimum daily flow

5.8.5 Najmanjši letni 30-dnevni pretoki

Statistična razvrstitev vodomernih postaj v skupine ob uporabi indeksov pretokov najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov se v veliki meri ujema z razvrstitvijo ob uporabi indeksa najmanjših letnih 7-dnevnih pretokov. Postaje v posameznih skupinah so precej razkropljene, kljub temu pa je opazna regionalizacija trendov pretokov. V prvo skupino se uvršča 30 vodomernih postaj na vodotokih Sava, Sava Bohinjka, Sora, Kamniška Bistrica, Soča, Radovna, ki se povečini nahajajo na območju Gorenjske, Goriške, Osrednjeslovenske in Savinjske statistične regije. V drugo skupino se je razvrstilo 28 postaj na območju regij Goriška, Osrednjeslovenska, Notranjsko-Kraška in Jugovzhodna Slovenija, na vodotokih Idrijca, Vipava, Reka, Kolpa, Krka in Ljubljana. V tretjo skupino 11 postaj se razvrščajo postaje na območju Savinjske in Podravske statistične regije, na vodotokih, Ložnica, Mislinja, Dravinja, Polskava in Pesnica. V četrto skupino sta uvrščeni le postaji na vodotokih Mostnica in Jezernica, v peto skupino pa spada pet medsebojno precej oddaljenih postaj na vodotokih Rižana, Temenica, Ledava in Velika Krka.



Slika 22: Prikaz razvrščenih postaj na podlagi najmanjših letnih 30-dnevnih pretokov

Figure 22: Clustered gauging stations on basis of 30-day annual minimum daily flow

6 ZAKLJUČEK

V zadnjih letih je znanost o podnebnih spremembah s pomočjo izboljšane računalniške tehnologije, velikega števila meritev in poglobljenih analiz izrazito napredovala. Različni pristopi znanstvenikov k zaznavanju sledi podnebnih sprememb v hidroloških podatkih so prisostvovali k uporabi različnih metodoloških postopkov. Zaradi omenjenega dejstva ni na voljo enotne metodologije, ki bi omogočila večjo primerljivost dosedanjih analiz.

V okviru diplomske naloge sem se spoznal z metodami statistične obdelave podatkov o pretokih in na osnovi povprečnih letnih nizkih, srednjih in visokih indeksov pretokov, izračunanih iz časovne vrste srednjih dnevni pretokov opravil statistično analizo trendov pretokov slovenskih rek. Za izračun trendov posameznih indeksov pretokov sem uporabil Mann-Kendallov statistični test, ki je eden najbolj razširjenih testov za iskanje trendov v hidroloških podatkih.

Statistično najznačilnejši trend kaže indeks srednjih letnih pretokov, kjer je statistično značilno upadanje pretokov zabeleženo na 45 vodomernih postajah. Trend upadanja zaznamuje tudi indeksa najmanjših letnih 7- in 30-dnevni pretokov, kjer je statistično značilen trend upadanja prisoten na 37 oz. 40 vodomernih postajah, statistično značilen trend naraščanja najmanjših pretokov pa na dveh vodomernih postajah. Indeks največjih letnih srednjih dnevni pretokov izkazuje statistično značilen padajoči na 24 vodomernih postaj, statistično značilen trend naraščanja pretokov pa je prisoten na 7 postajah. Veliki pretoki nad pragom, ki se v povprečju pojavijo enkrat letno, statistično značilno upadajo na 8 vodomernih postajah, na 6 vodomernih postajah pa statistično značilno naraščajo. Veliki pretoki nad pragom, ki se pojavijo povprečno trikrat letno statistično značilno naraščajo na 12 vodomernih postajah, statistično značilno pa upadajo na 14 vodomernih postajah. Kljub upadanju pretokov je potrebno pozornost nameniti analizi ekstremnih pretokov, s katerimi je povezana velika gmotna škoda ob poplavah.

S statističnim razvrščanjem so posamezne postaje združene v skupine na podlagi podobnosti medletnega gibanja pretokov v zadnjih 30 letih. Postaje so za indekse srednjih letnih, največjih letnih srednjih dnevni ter najmanjših 7- in 30-dnevni pretokov združene v pet skupin. Primerjava med razvrstitvijo postaj posameznih indeksov pretokov kaže na podobno prostorsko razporeditev prvih treh skupin razvrščanja. V prvo skupino se pri vseh uporabljenih indeksih pretokov razvrščajo večinoma postaje z območja Gorenjske in Osrednjeslovenske statistične regije, v drugo skupino postaje Goriške, Notranjsko-Kraške in Jugovzhodne Slovenije, v tretjo skupino pa se razvrščajo večinoma postaje Podravske in Savinjske statistične regije.

Na podlagi podatkov o pretokih je razvidno, da se v zadnjih letih v Sloveniji soočamo s spomladansko sušo na eni in jesenskimi visokimi vodami na drugi strani. Spremembe podnebja se torej sodeč po meteoroloških in hidroloških spremenljivkah, ki vplivajo na vodno okolje, dogajajo, kljub temu pa je njihov vpliv na kvaliteto vode in ekstremne dogodke še precej neraziskan. Rezultati statistične analize trendov pretokov potrjujejo hipotezo o splošnem zmanjševanju vodnih količin slovenskih rek. Statistično značilne padajoče trende izkazujejo predvsem postaje z visokogorskim in kraškim zaledjem, na podlagi česar lahko sklepamo, da so gorska povodja najbolj ranljiva okolja z vidika podnebnih sprememb. Na upad poleg podnebnih sprememb posredno in neposredno vplivajo evapotranspiracija, poraščenost z gozdom, količine podtalnih zalog vode, spreminjanje naravnih površin v kmetijska in urbana območja.

Za večjo zanesljivost napovedovanja vpliva podnebnih sprememb na upadanje pretokov bi potrebovali daljše nize podatkov, saj se statistična značilnost trenda obnaša različno za krajša in daljša časovna obdobja. Kljub temu, da nekateri tuji avtorji priporočajo uporabo podatkov z vsaj 50 let trajajočimi časovnimi nizi, sem v diplomskem delu uporabil najmanjšo dolžino beleženja podatkov 30 let. S tem sem pridobil večji vzorec, na podlagi katerega je možno slediti obnašanju pretokov po vsej Sloveniji. Poleg dolžine niza hidroloških podatkov bi k večji zanesljivosti pripomogla analiza mesečnih podatkov, saj lahko spremembe v sezonskih vzorcih in verjetnost ekstremnih dogodkov izničijo pozitivni učinek povečane razpoložljivosti vodnih virov.

VIRI

- Arnell, N. W. 1996. Global Warming, River Flows and Water Resources. Chichester New York Brisbane Toronto Singapore. Institute of Hydrology. 234 str.
- ARSO - Domača stran Agencije Republike Slovenije za okolje. 2008.
<http://www.arso.gov.si/> (20.10.2008)
- Bajec, B. 2000. Preverjanje naključnosti spreminjanja reakcijskih časov pri nalogah kategoriziranja dražljajev v času. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, oddelek za psihologijo. 137 str.
- Bárdossy, A. & Caspary, H.-J. 1990. Detection of climate change in Europe by analysing European Atmospheric Circulation Patterns from 1881 to 1989. Theor. and Applied Climatol. 42, str. 155-167.
- Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W. et. al. 2008: Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Birsan, V.B., et al. 2005. Streamflow trends in Switzerland. J. Hydrol. 314, 312-329.
- Burn, D.H., Cunderlik, J. 2004. Hydrological trends and variability in the Liard River basin. J. Hydrol., 49, 53-67.
- Burn, D.H., Hag Elnur, M.A. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. J. Hydrol. 255, 107-122.

- Caspary, H.-J. 2000. Increased risk of river flooding in southwest Germany caused by changes of the atmospheric circulation across Europe. PIK Report št. 65, Vol. 1, 212-223.
- Chiew, F. H. S. & McMahon, T. A. 1993. Detection of trend or change in annual flow of Australian rivers. *Int. J. Climatol.* 13, 643–653.
- Davie, T. 2004: *Fundamentals of Hydrology*, Routledge Fundamentals of Physical Geography. London. Routledge.
- Engel, H. 1997. The flood events of 1993/1994 and 1995 in the Rhine River basin. *IAHS št.* 239, 21-32.
- Frantar, P., Uhan, J. 2003: *Trendi pretokov voda v Triglavskem narodnem parku. Triglavski narodni park? Ljubljana.*
- Gan, T. Y. 1992. Finding trends in air temperature and precipitation for Canada and North-eastern United States. *Proceedings of NHRI Workshop No. 8. National Hydrology Research Institute, Saskatoon, SK, str.* 57-78.
- Gilvear, D. J. & Black, A. R. 1999. Flood-induced embankment failures on the River Tay: implications of climatically induced hydrological change in Scotland. *Hydrol. Sci. J.*, 44, 345-362.
- Globevnik, L. 2007. *Hidroekološke lastnosti prostora reke Mure v Sloveniji - stanje, trendi. Referat, 9 str.*
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. & Smith, R. A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resour. Res.* 18, str. 107–121.

- Hrvatin, M. 1998. Pretočni režimi v Sloveniji. Geografski zbornik 38, 59-87.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of the Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2008. Climate change and water.
- Kahya, E., Kalayci, S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. Journal of Hydrology 289, str. 128–144.
- Kajfež-Bogataj, L., 2006. Podnebne spremembe in nacionalna varnost. Ujma, št. 20, str. 170-176. Ljubljana.
- Kobold, M. in Sušnik, M., 2004. Analiza nizkovodnih razmer slovenskih vodotokov leta 2003. Ujma 17/18. Ljubljana
- Kobold, M., 2004. Hidrološka suša slovenskih vodotokov v obdobju 2000-2002. Ujma 17/18. Ljubljana.
- Kobold, M., 2007. Vpliv podnebnih sprememb na pretoke slovenskih rek. MVD 2007. Ljubljana.
- Košmelj K., Breskvar Žaucer, L., 2006. Metode za razvrščanje enot v skupine; osnove in primer = Methods for cluster analysis; introduction and a case study. Acta agric. 87, 299-310.
- Kundzewicz, Z. W. in Robson, A., 2000. Detecting trends and other changes in hydrological data. World climate programme-Water, WCDMP-45, WMO/TD – št. 1013, WMO, Geneva. 157 str.

- Kundzewicz, Z. W. in Robson, A. 2004. Change detection in hydrological records – a review of the methodology. V: Kundzewicz, Zbigniew (ur.) Hydrological Sciences Journal. IAHS, 2004, str. 7-19, UK.
- Kundzewicz, Z. W., et al. 2004. Detection of change in world-wide hydrological time series of maximum annual flow. GRDC Report 32. <http://grdc.bafg.de> (20.10.2008)
- Kundzewicz, Z. W., et al. 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Secretariat, Geneva. 210 str.
- Labat, D., Godderis, Y., Probst, J.L., Guyot, J.L. 2004. Evidence for global runoff increase related to climate warming. *Advances in Water Resources* 27, str. 631–642.
- Leskošek B. 2006. Časovne vrste. Fakulteta za šport 2007. Ljubljana.
- Lettenmaier, D.P., Wood, E.F., Wallis, J.R. 1994. Hydroclimatological trends in the continental United States, 1948–88. *J. Climate* 7, str. 586–606.
- Lins, H. F. & Slack, J. R. 1999. Streamflow trends in the United States. *Geoph. Res. Letters* 26, str. 227-230.
- Mansell, M. G. 1997. The effect of climate change in rainfall trends and flooding risk in the West of Scotland. *Nordic Hydrology*, 28, str. 37-50.
- Marland, G., T et al. 2005. Global, regional, and national CO₂ emissions. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., ZDA.
- McCuen, R. H. 2003. *Modeling Hydrologic Change*. Lewis Publishers. Boca Raton London New York Washington, D.C. 452 str.

- Milly, P.C.D., Dunne, K.A., and Vecchia, A.V. 2005. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate: *Nature*, št. 438, str. 347-350.
- Nobilis, F. & Lorenz, P. 1997. Flood trends in Austria. In: Leavesley, G. H, Lins, H. F. Kendall, M. G. 1975. *Rank Correlation Methods*. Griffin, London, UK.
- Olsen, J. R., Stedinger, J. R., Matalas, N. C. & Stakhiv, E. Z. 1999. Climate variability and flood frequency estimation for the upper Mississippi and lower Missouri rivers. *J. Am. Water Resour. Assoc.* 35(6), str. 1509–1520.
- Pittock, A. B. 1980. Monitoring, causality and uncertainty in a stratospheric context. *Pageoph*, 118, 643-660.
- Qader, M. M. M., 2002. Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications. *Global Environmental Change* 12, str. 127–138.
- Robson, A. J. & Reed, D. W. 1996. Non-stationarity in UK flood records. *Flood Estimation Handbook Note 25*, Institute of Hydrology, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK, October 1996.
- Singh, V. P. 1996. *Hydrology of Disasters*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht Boston London. 460 str.
- STATISTICA 7 for Windows, Computer program help menu. 2004. Tulsa, OK, USA. StatSoft Inc.
- Uhan, J. 2002. Spremenljivost hidroloških ekstremov. Nesreče in varstvo pred njimi. *Uprava RS za zaščito in reševanje*. Ljubljana, str. 252-259.

- Uhan, J., Ulaga, F., Frantar, P., Sušnik, M. 2006. Trends of the annual mean river discharges in Slovenia. Poster. 23rd Conference of the Danube countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Beograd.
- Ulaga, F. 2002. Trendi spreminjanja pretokov slovenskih rek. Geografija in njene aplikativne možnosti. Str. 93-114. Ljubljana.
- Ulaga, F., Kobold, M., Frantar, P. 2008. Analiza časovnih sprememb vodnih količin slovenskih rek. MVD 2008. Ljubljana.
- Van Abs, D. J., Stanuikynas, T. J. 2000. Water Budget in the Raritan River Basin. A Technical Report for the Raritan Basin Watershed Management Project New Jersey Water Supply Authority. <http://www.raritanbasin.org/Reports/WaterBudgetReport.pdf> (23.11.2008)
- Wikipedia, 2008. Dendrogram. <http://en.wikipedia.org/wiki/Dendrogram> (15.12.2008)
- WMO, 1994. Observing the world's environment: weather, climate and water. 42 str.
- Zhang X., et al. 2001. Trends in Canadian streamflow. Water Resour. Res., 37 (4), 987-998.
- Žagar, T., Kajfež-Bogataj, L., Črepinšek, Z. 2006. Časovna analiza nekaterih klimatskih spremenljivk v Sloveniji. *Agra Acticulturae Slovenica*, 87 (2), 285-298.

PRILOGE

- Priloga A:** Vodomerne postaje, vključene v analizo trendov skupaj s številom let meritev
- Priloga B:** Časovni nizi srednjih letnih pretokov na posameznih postajah
- Priloga C:** Časovni nizi največjih letnih srednjih dnevni pretokov na posameznih postajah
- Priloga D:** Časovni nizi najmanjših letnih 7-dnevni pretokov na posameznih postajah
- Priloga E:** Časovni nizi najmanjših letnih 30-dnevni pretokov na posameznih postajah
- Priloga F:** Časovni nizi ekstremnih vrednosti nad pragom na posameznih postajah (POT1)
- Priloga G:** Časovni nizi ekstremnih vrednosti nad pragom na posameznih postajah (POT3)
- Priloga H:** Drevesni diagram srednjih letnih pretokov za obdobje 1974 - 2005
- Priloga I:** Drevesni diagram največjih letnih pretokov za obdobje 1974 - 2005
- Priloga J:** Drevesni diagram najmanjših letnih 7-dnevni pretokov za obdobje 1974 - 2005
- Priloga K:** Drevesni diagram najmanjših letnih 30-dnevni pretokov za obdobje 1974 - 2005

**PRILOGA A: VODOMERNE POSTAJE, VKLJUČENE V ANALIZO
TRENDOV PRETOKOV SKUPAJ S ŠTEVILOM LET MERITEV**

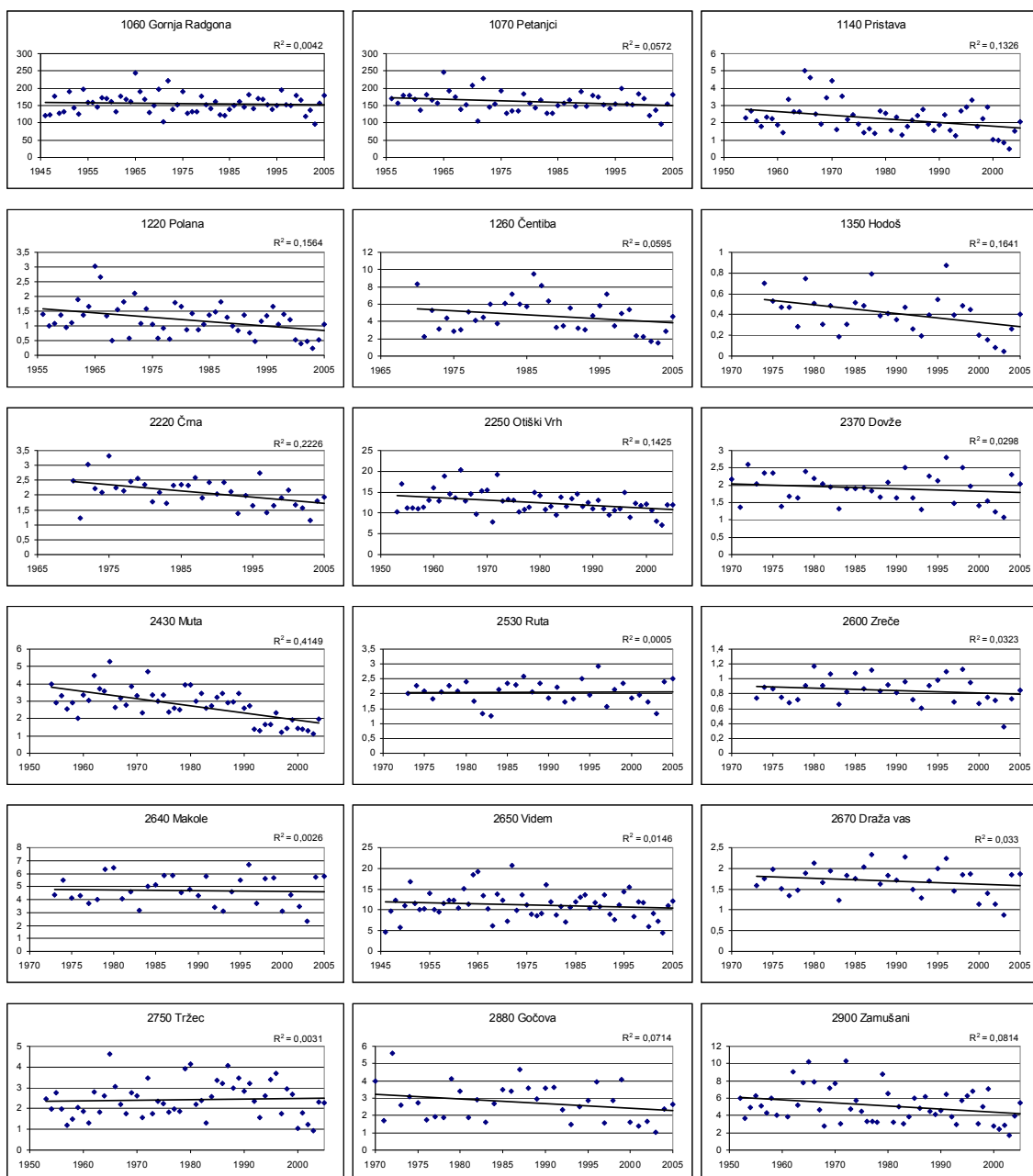
	ŠIFRA	POSTAJA	VODOTOK	ŠTEVILO LET MERITEV		
				OD:	DO:	ŠT. LET
1	1060	Gornja Radgona	Mura	1946	2005	59
2	1070	Petanjci	Mura	1956	2005	49
3	1140	Pristava	Ščavnica	1954	2005	51
4	1220	Polana	Ledava	1956	2005	49
5	1260	Čentiba	Ledava	1970	2005	35
6	1350	Hodoš	Velika Krka	1974	2005	31
7	2220	Črna	Meža	1970	2005	35
8	2250	Otiški Vrh	Meža	1953	2005	52
9	2370	Dovže	Mislinja	1971	2005	34
10	2430	Muta	Bistrica	1954	2004	50
11	2530	Ruta	Radoljna	1973	2005	32
12	2600	Zreče	Dravinja	1973	2005	32
13	2640	Makole	Dravinja	1973	2005	32
14	2650	Videm	Dravinja	1946	2005	59
15	2670	Dražava vas	Oplotnica	1973	2005	32
16	2750	Tržec	Polskava	1953	2005	52
17	2880	Gočova	Pesnica	1970	2005	35
18	2900	Zamušani	Pesnica	1952	2005	53
19	3060	Jesenice	Sava Dolinka	1952	2005	53
20	3180	Podhom	Radovna	1933	2005	72
21	3200	Sveti Janez	Sava Bohinjka	1959	2005	46
22	3300	Stara Fužina	Mostnica	1959	2005	46
23	3400	Mlino	Jezernica	1956	2005	49
24	3420	Radovljica	Sava	1953	2005	52
25	3570	Šentjakob	Sava	1957	2005	48
26	3650	Litija	Sava	1953	2005	52
27	3840	Čatež	Sava	1926	2005	79
28	4050	Preska	Tržiška Bistrica	1958	2005	47
29	4120	Kokra	Kokra	1957	2005	48
30	4200	Suha	Sora	1953	2005	52
31	4210	Žiri	Poljanska Sora	1949	2005	56
32	4400	Kamnik	Kamniška Bistrica	1957	2005	48
33	4480	Nevlje	Nevljica	1959	2005	46
34	4670	Martinja vas	Mirna	1954	2005	51
35	4820	Petrina	Kolpa	1952	2005	53
36	4850	Radenci	Kolpa	1952	2005	53
37	4860	Metlika	Kolpa	1952	2005	53

se nadaljuje ...

... nadaljevanje

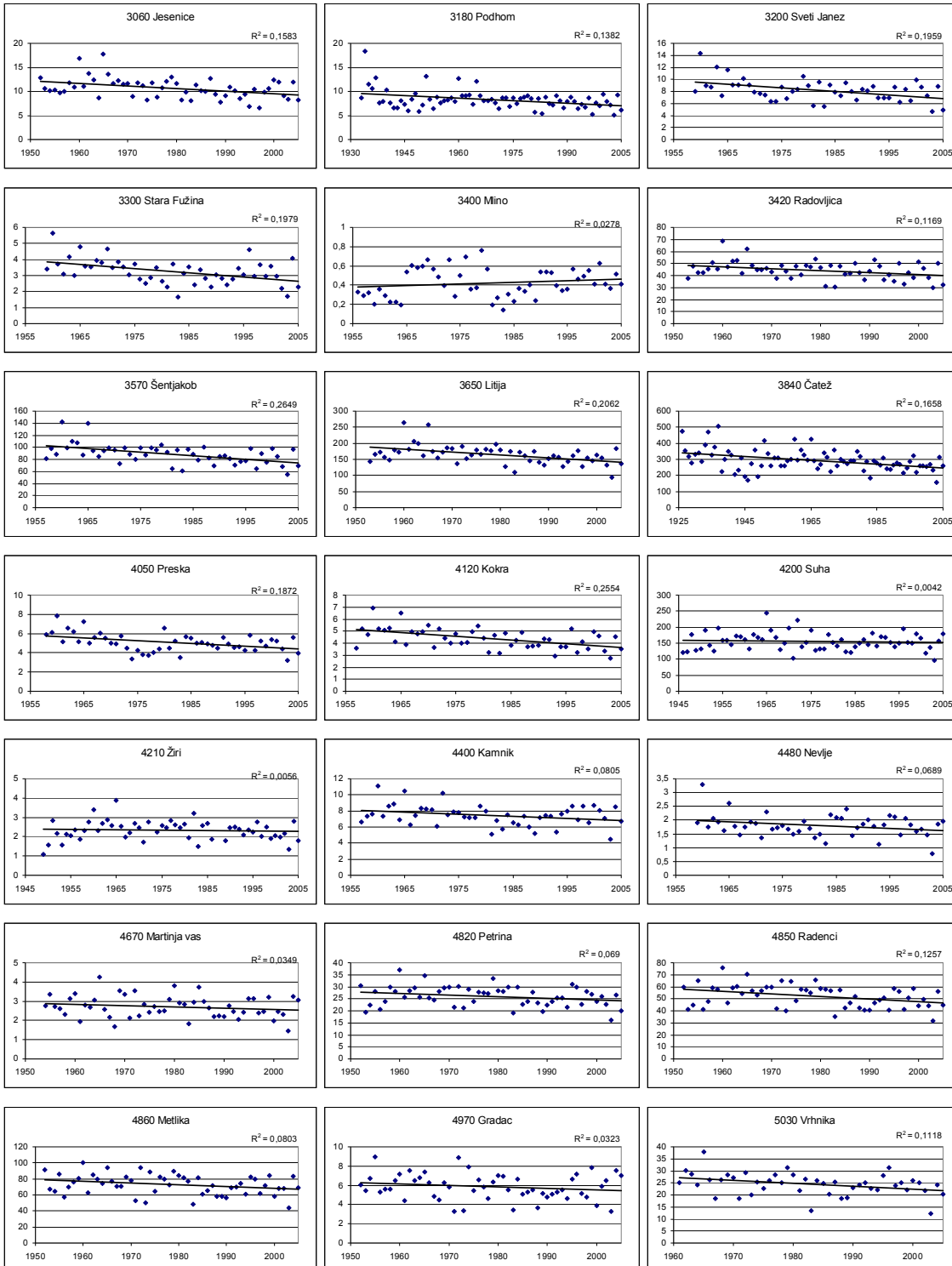
38	4970	Gradac	Lahinja	1952	2005	53
39	5030	Vrhnika	Ljubljana	1961	2005	44
40	5080	Moste	Ljubljana	1946	2005	59
41	5410	Iška	Iška	1970	2005	35
42	5540	Razori	Šujica	1954	2005	51
43	5770	Cerknica	Cerkniščica	1954	2005	51
44	5880	Hasberg	Unica	1926	2005	79
45	6020	Solčava	Savinja	1959	2005	46
46	6060	Nazarje	Savinja	1926	2005	79
47	6200	Laško	Savinja	1953	2005	52
48	6220	Luče	Lučnica	1955	2005	50
49	6240	Kraše	Dreta	1959	2005	46
50	6300	Šoštanj	Paka	1956	2005	49
51	6420	Šoštanj	Velunja	1956	2005	49
52	6550	Dolenja vas	Bolska	1962	2005	43
53	6630	Levec	Ložnica	1967	2005	38
54	6690	Črnlica	Voglajna	1959	2005	46
55	7030	Podbukovje	Krka	1959	2005	46
56	7040	Dvor	Krka	1959	2004	45
57	7160	Podbočje	Krka	1945	2005	60
58	7310	Rožni Vrh	Temenica	1961	2005	44
59	7340	Prečna	Prečna	1953	2005	52
60	7380	Škocjan	Radulja	1961	2005	44
61	8030	Kršovec	Soča	1964	2005	41
62	8060	Log Čezsoški	Soča	1928	2005	77
63	8080	Kobarid	Soča	1941	2005	64
64	8180	Solkan	Soča	1945	2005	60
65	8240	Kal-Koritnica	Koritnica	1954	2005	51
66	8270	Žaga	Učja	1954	2005	51
67	8330	Tolmin	Tolminka	1953	2004	51
68	8350	Podroteja	Idrijca	1954	2005	51
69	8450	Hotešk	Idrijca	1949	2005	56
70	8480	Dolenja Trebuša	Trebuša	1954	2005	51
71	8500	Bača pri Modreju	Bača	1952	2005	53
72	8560	Vipava	Vipava	1960	2005	45
73	8590	Dornberg	Vipava	1958	2005	47
74	8600	Miren	Vipava	1953	2005	52
75	8630	Ajdovščina	Hubelj	1955	2005	50
76	9050	Cerkvenikov mlin	Reka	1952	2005	53
77	9220	Kubed	Rižana	1947	2005	58

PRILOGA B: ČASOVNI NIZI SREDNJIH LETNIH PRETOKOV NA POSAMEZNIH POSTAJAH



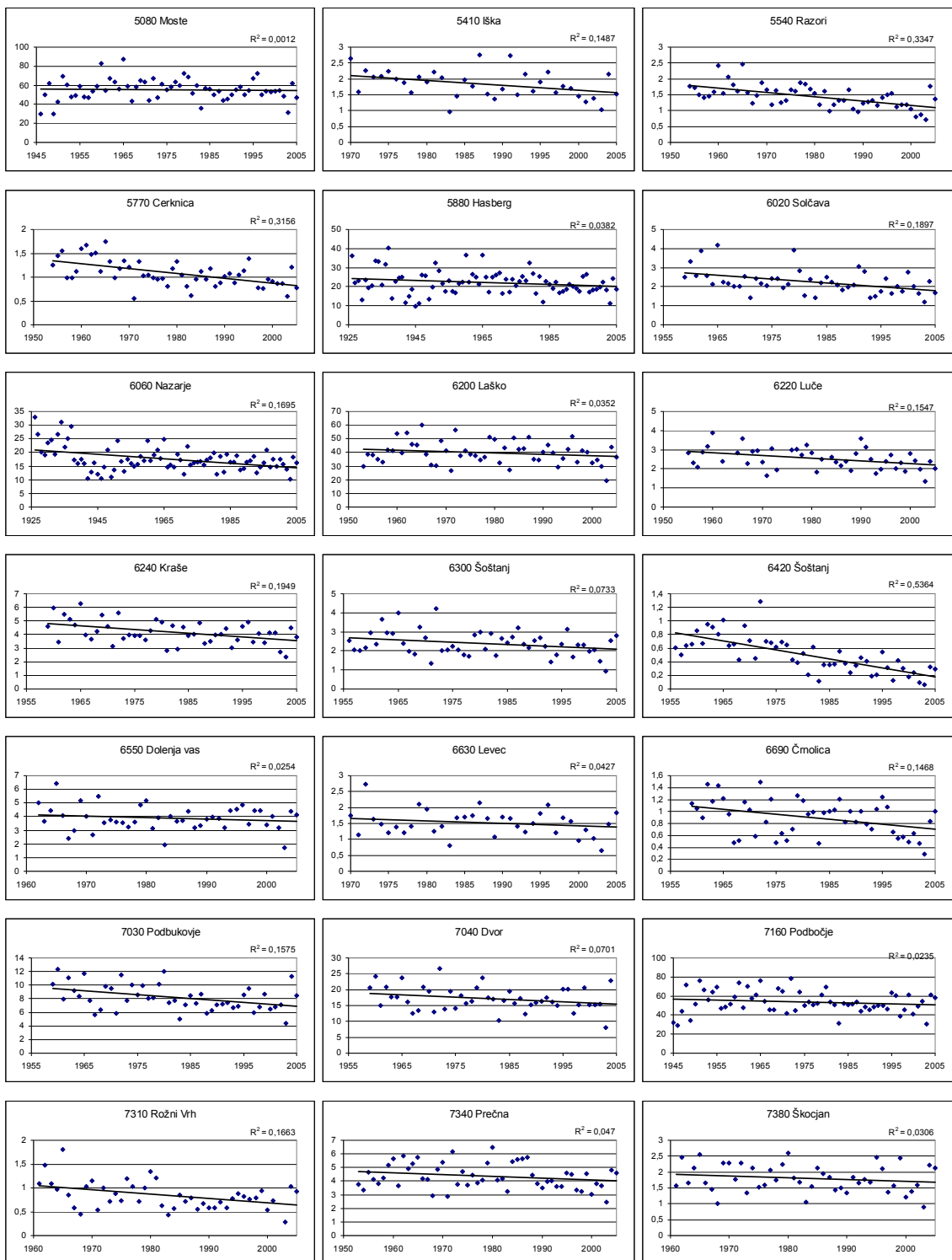
se nadaljuje ...

... nadaljevanje



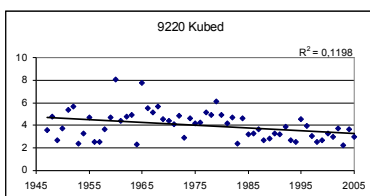
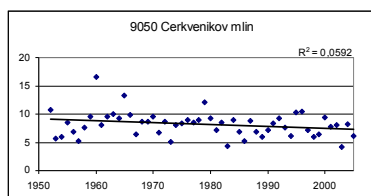
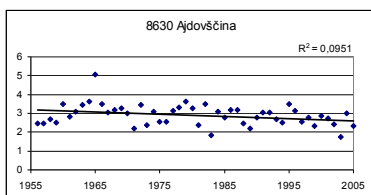
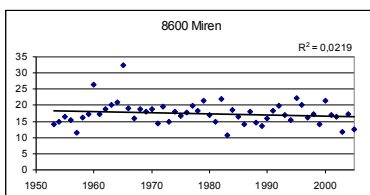
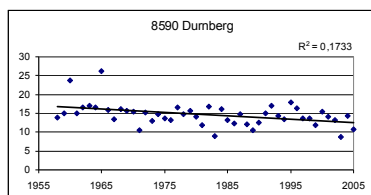
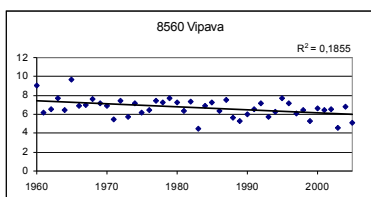
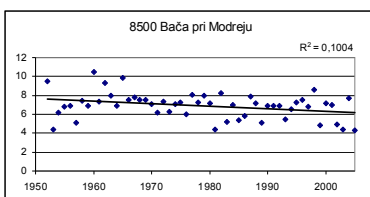
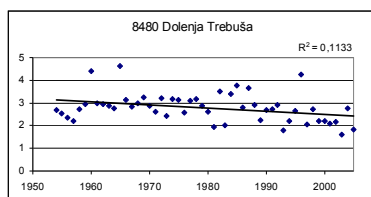
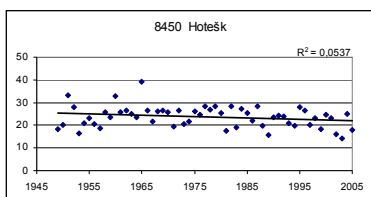
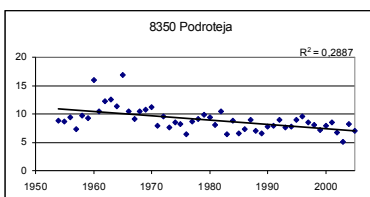
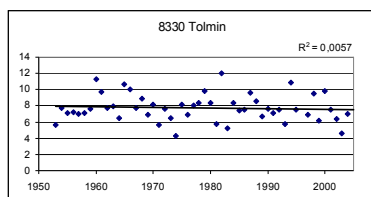
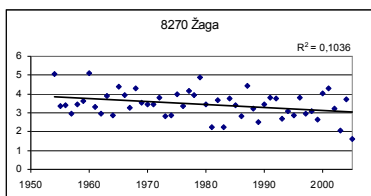
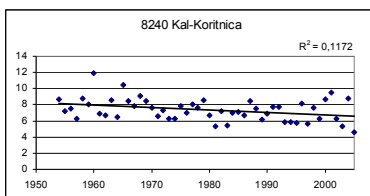
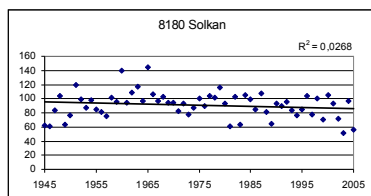
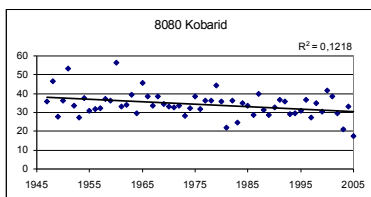
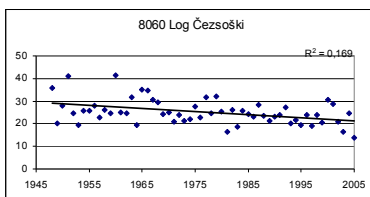
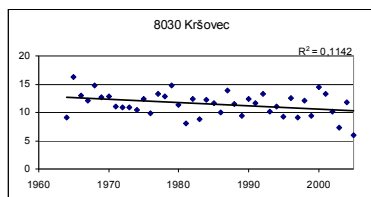
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

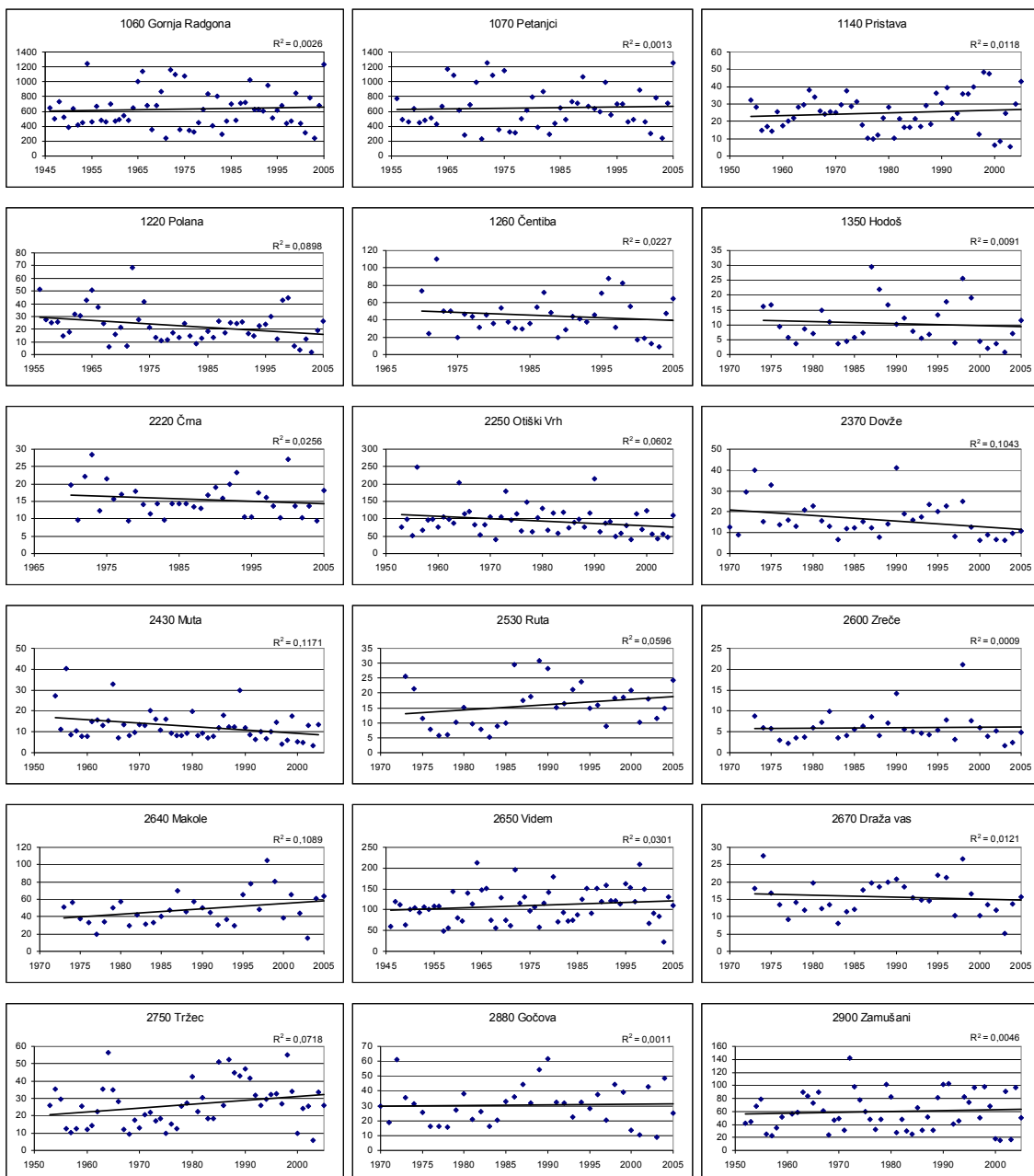


se nadaljuje ...

... nadaljevanje

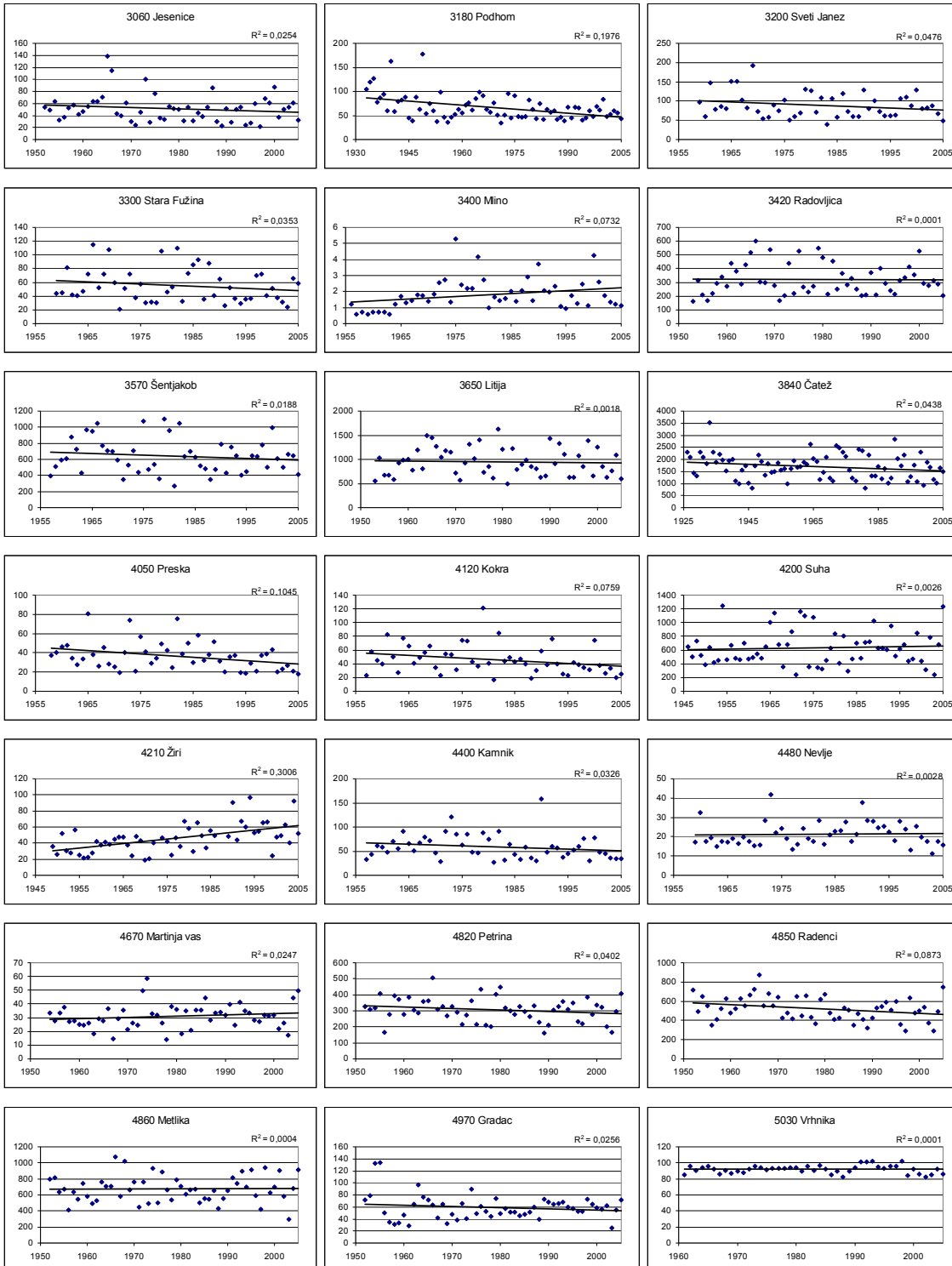


PRILOGA C: ČASOVNI NIZI NAJVEČJIH LETNIH SREDNJIH DNEVNIH PRETOKOV NA POSAMEZNIH POSTAJAH



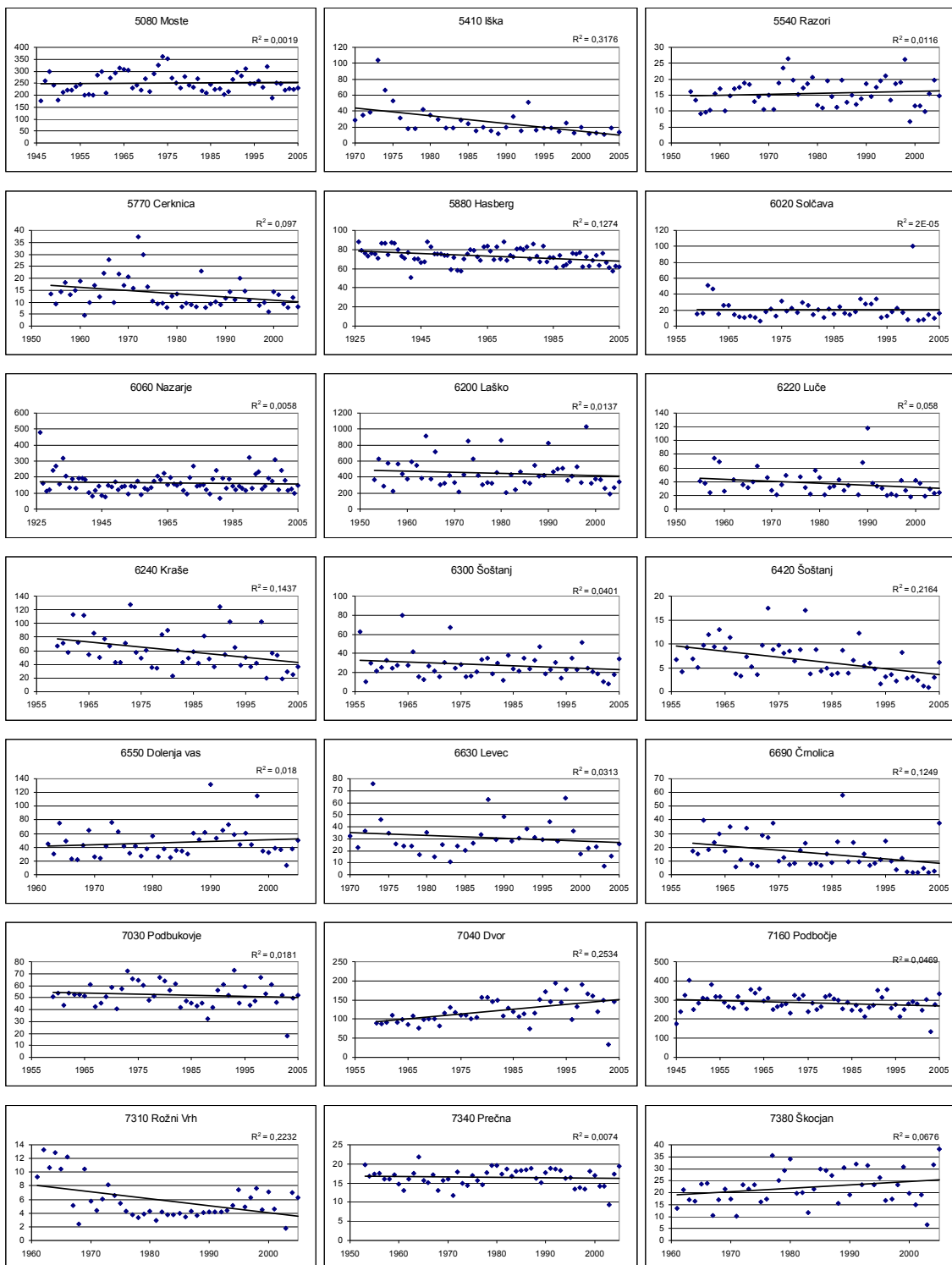
se nadaljuje ...

... nadaljevanje



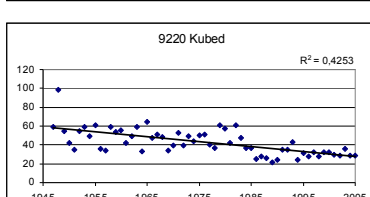
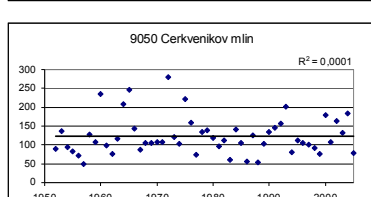
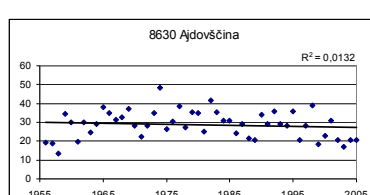
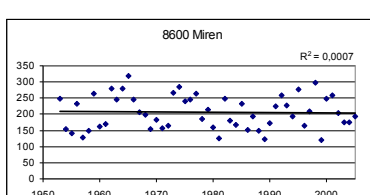
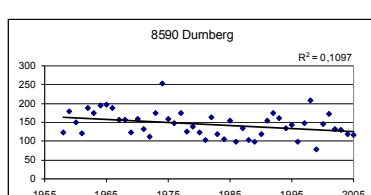
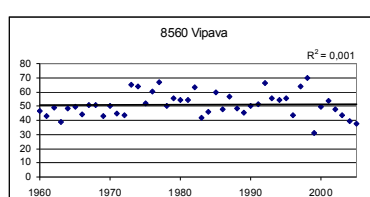
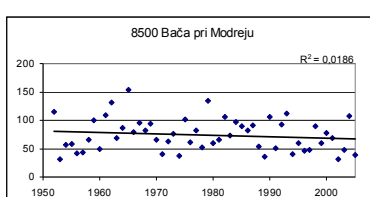
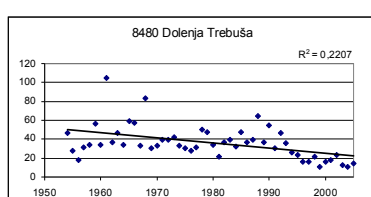
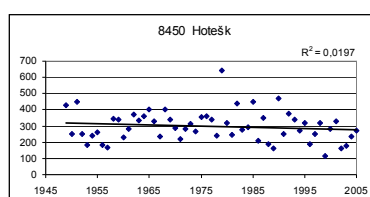
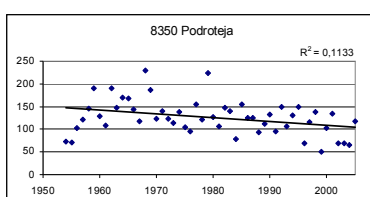
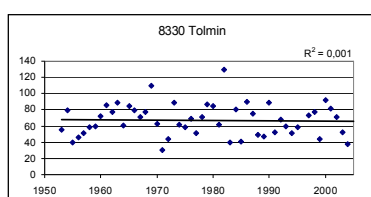
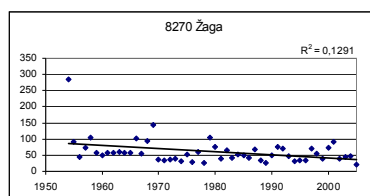
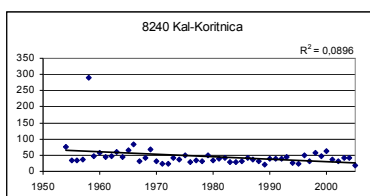
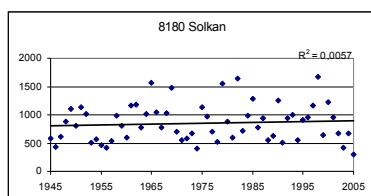
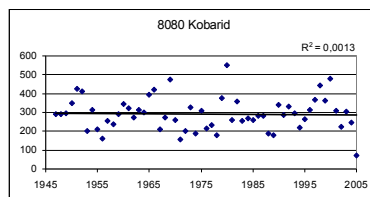
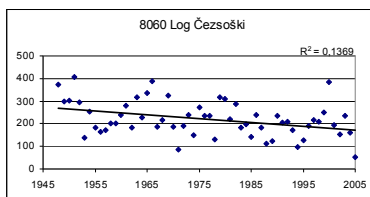
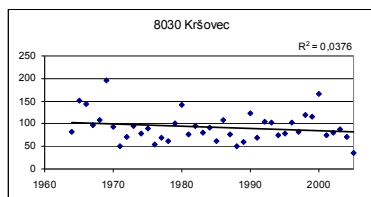
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

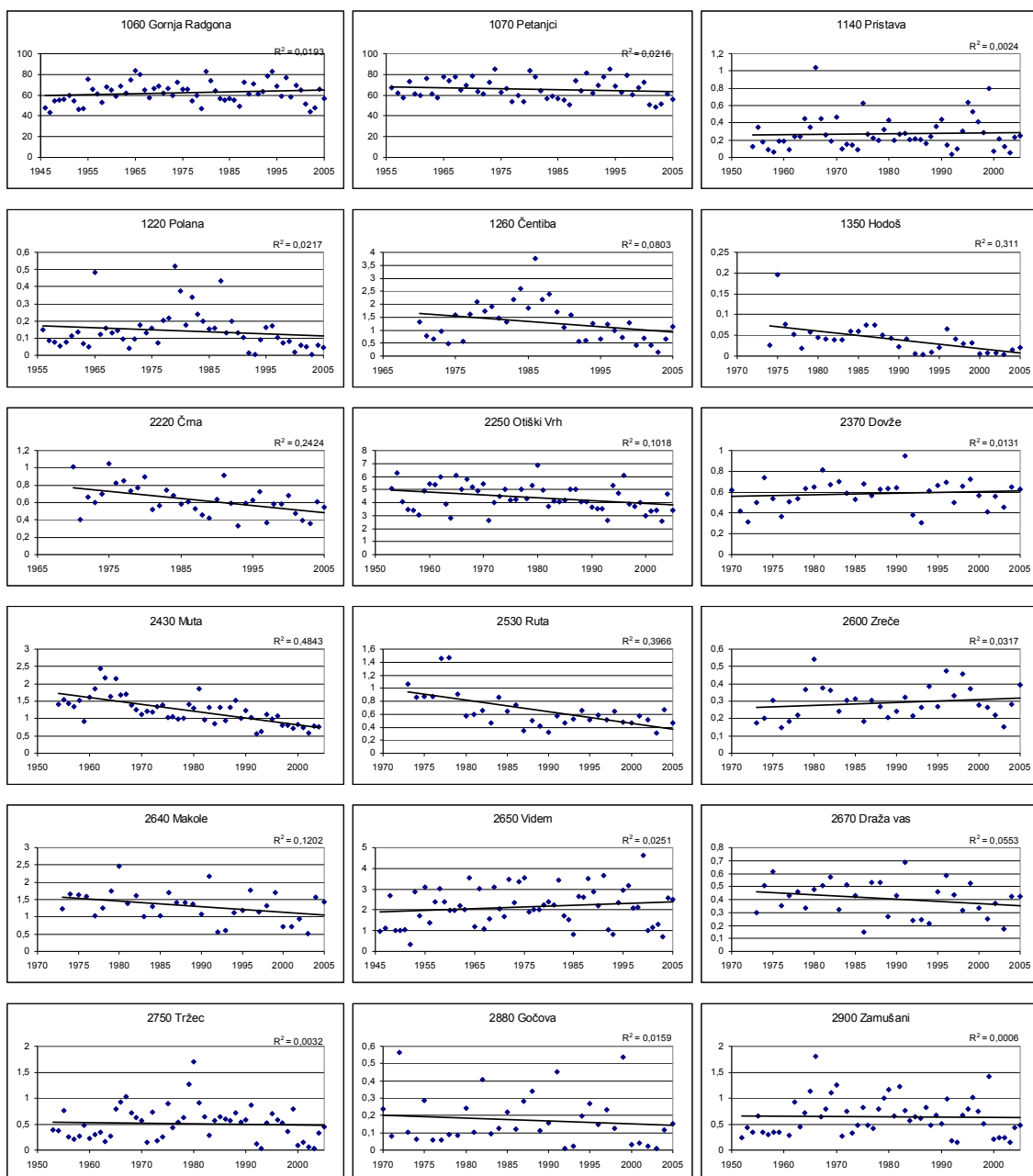


se nadaljuje ...

... nadaljevanje

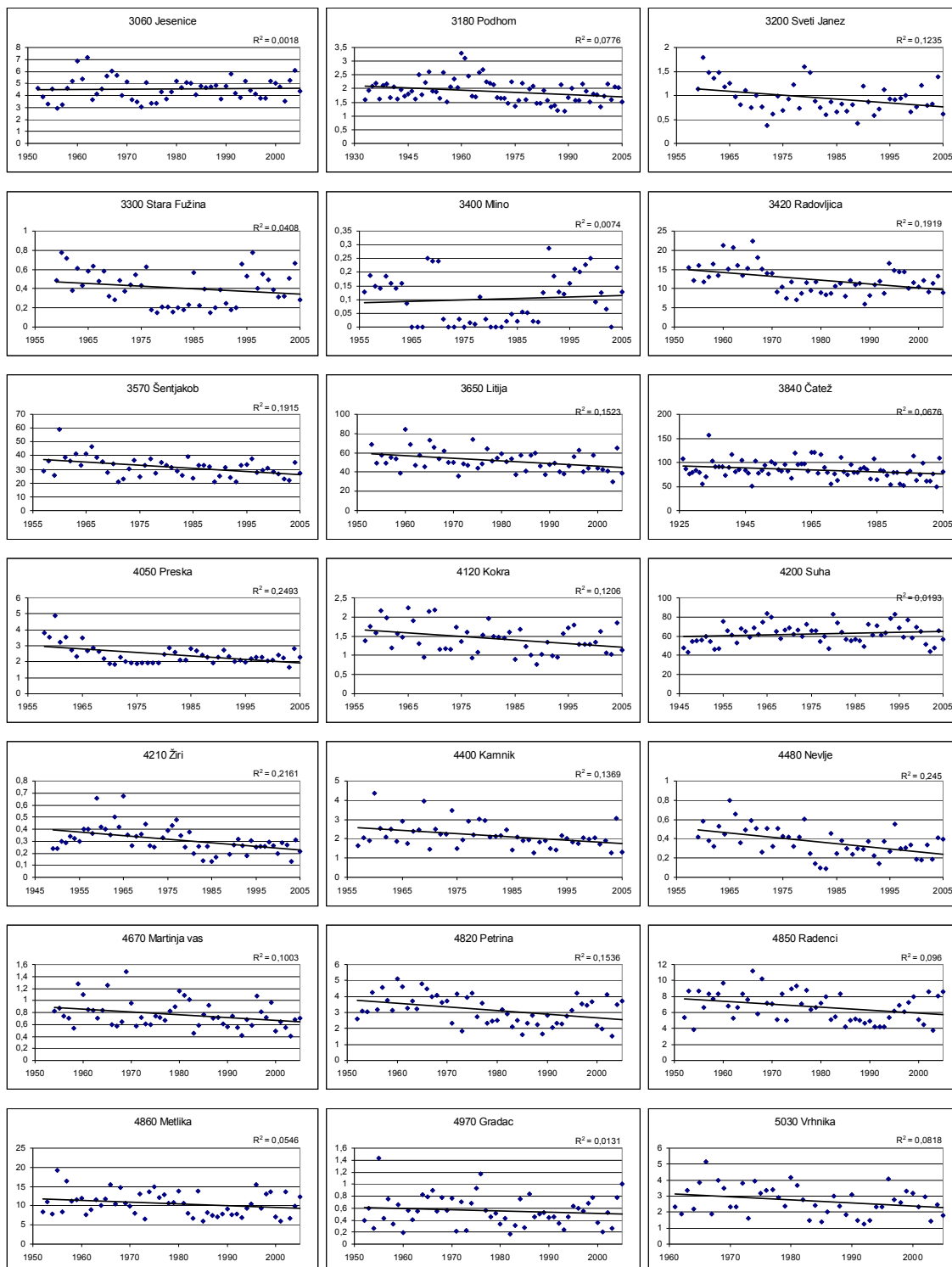


**PRILOGA D: ČASOVNI NIZI NAJMANJŠIH LETNIH 7-DNEVNIH
PRETOKOV NA POSAMEZNIH POSTAJAH**



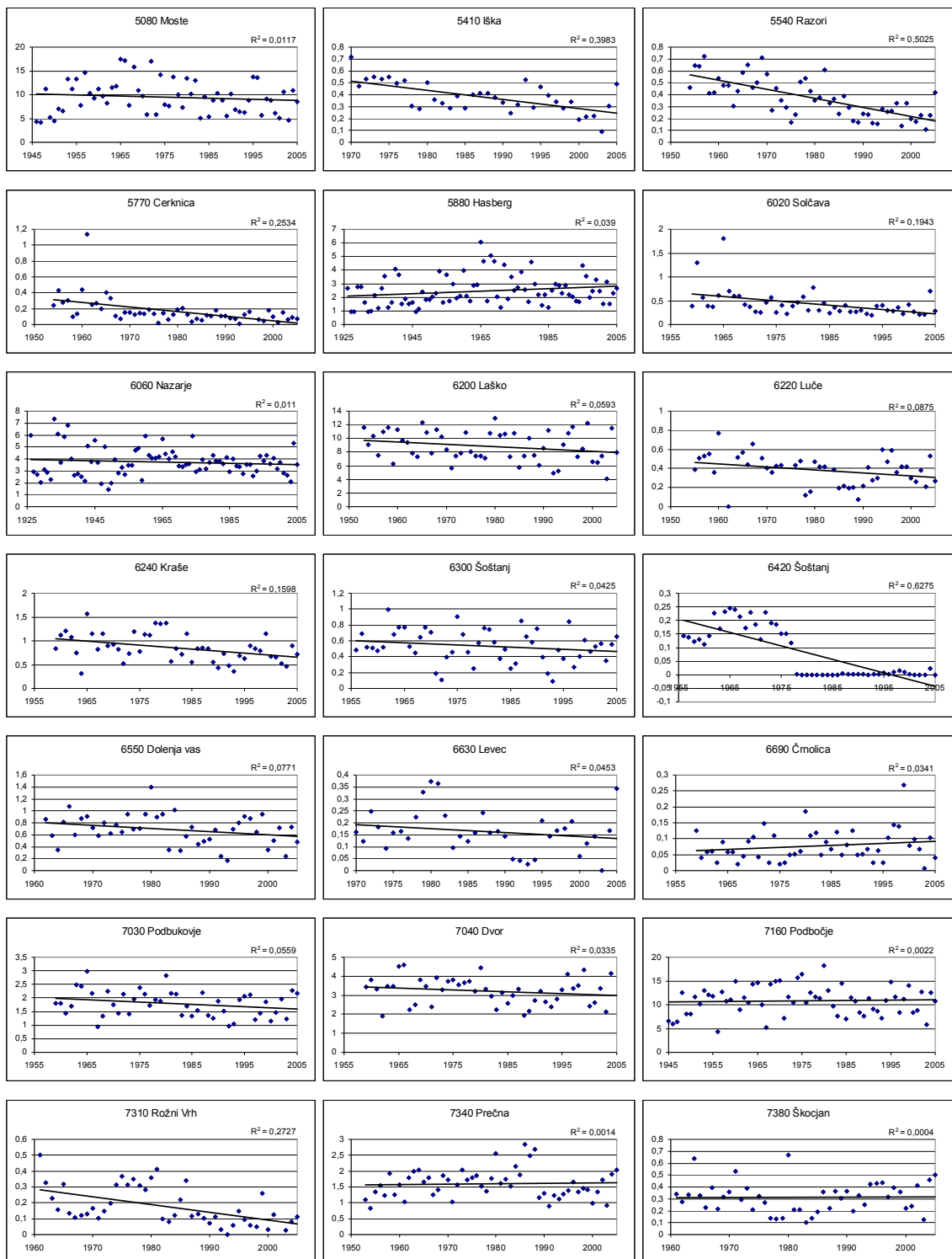
se nadaljuje ...

... nadaljevanje



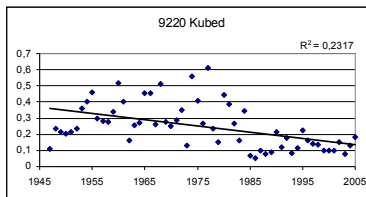
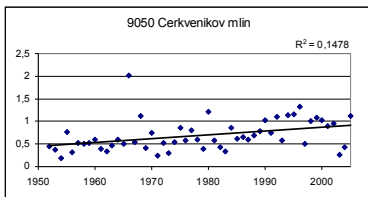
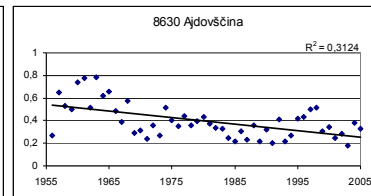
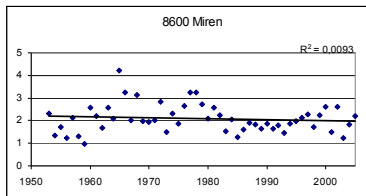
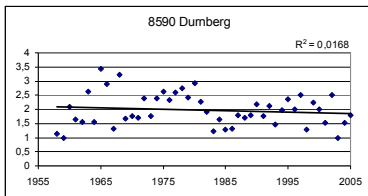
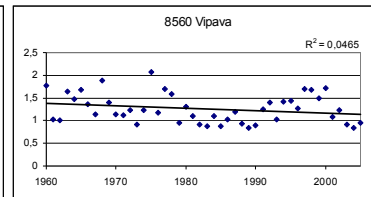
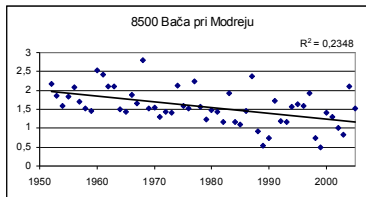
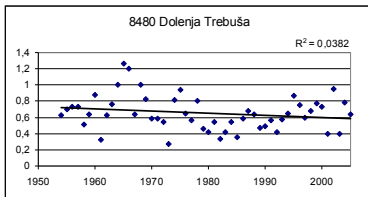
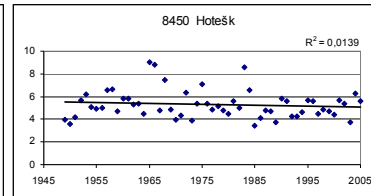
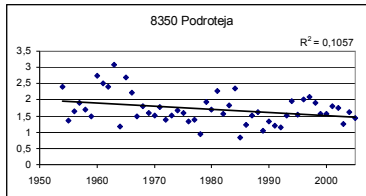
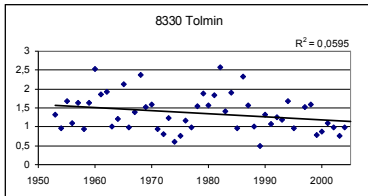
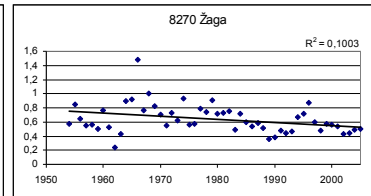
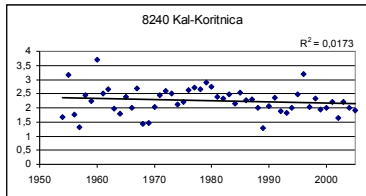
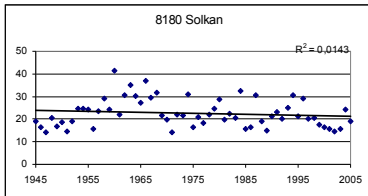
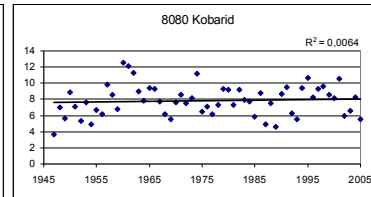
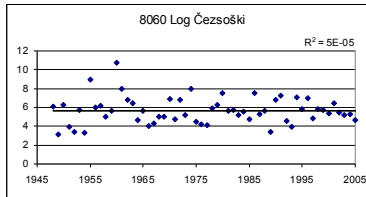
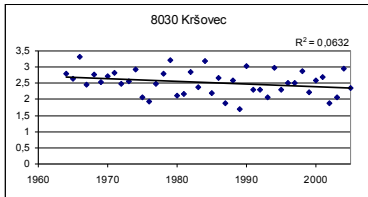
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

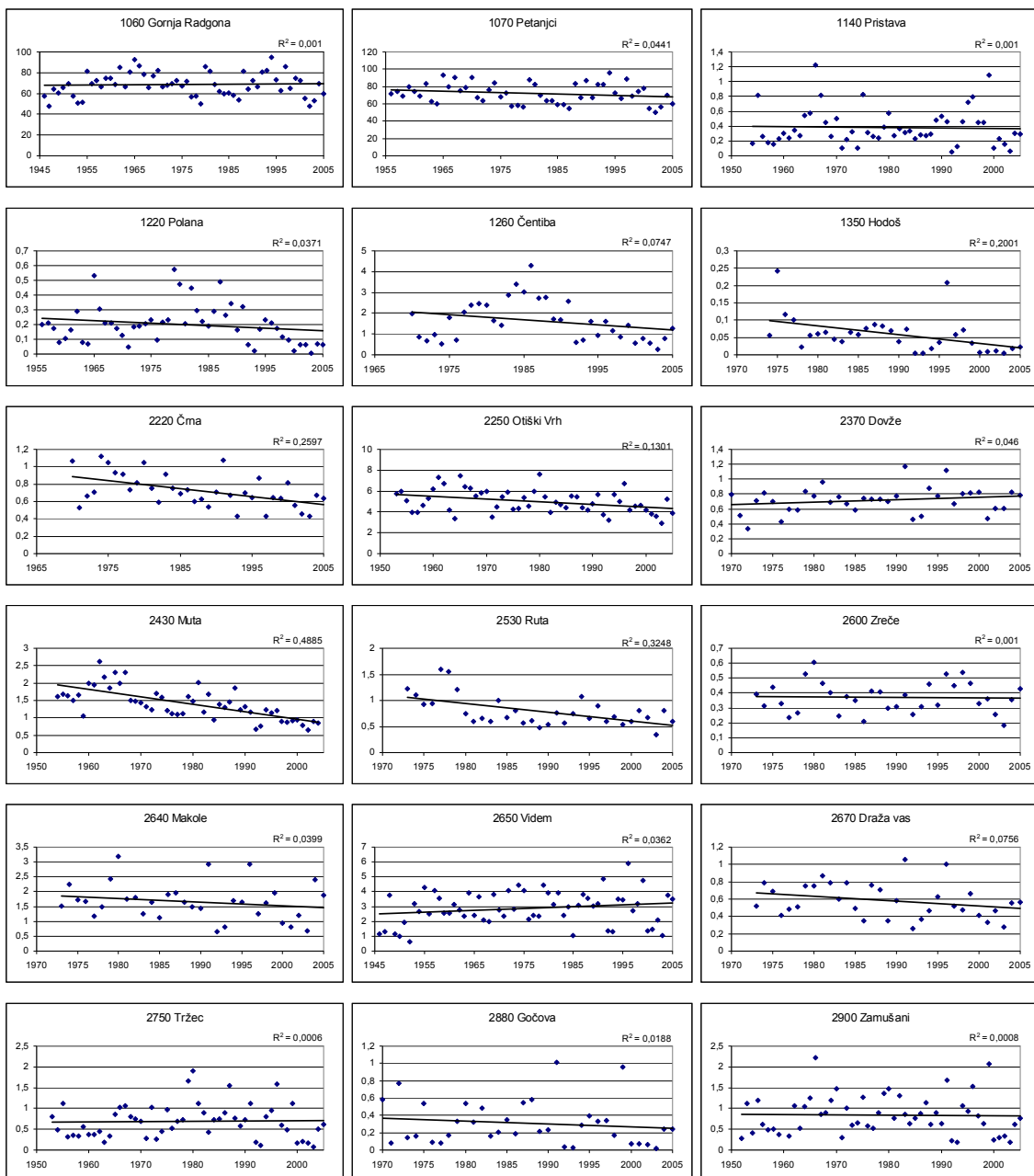


se nadaljuje ...

... nadaljevanje

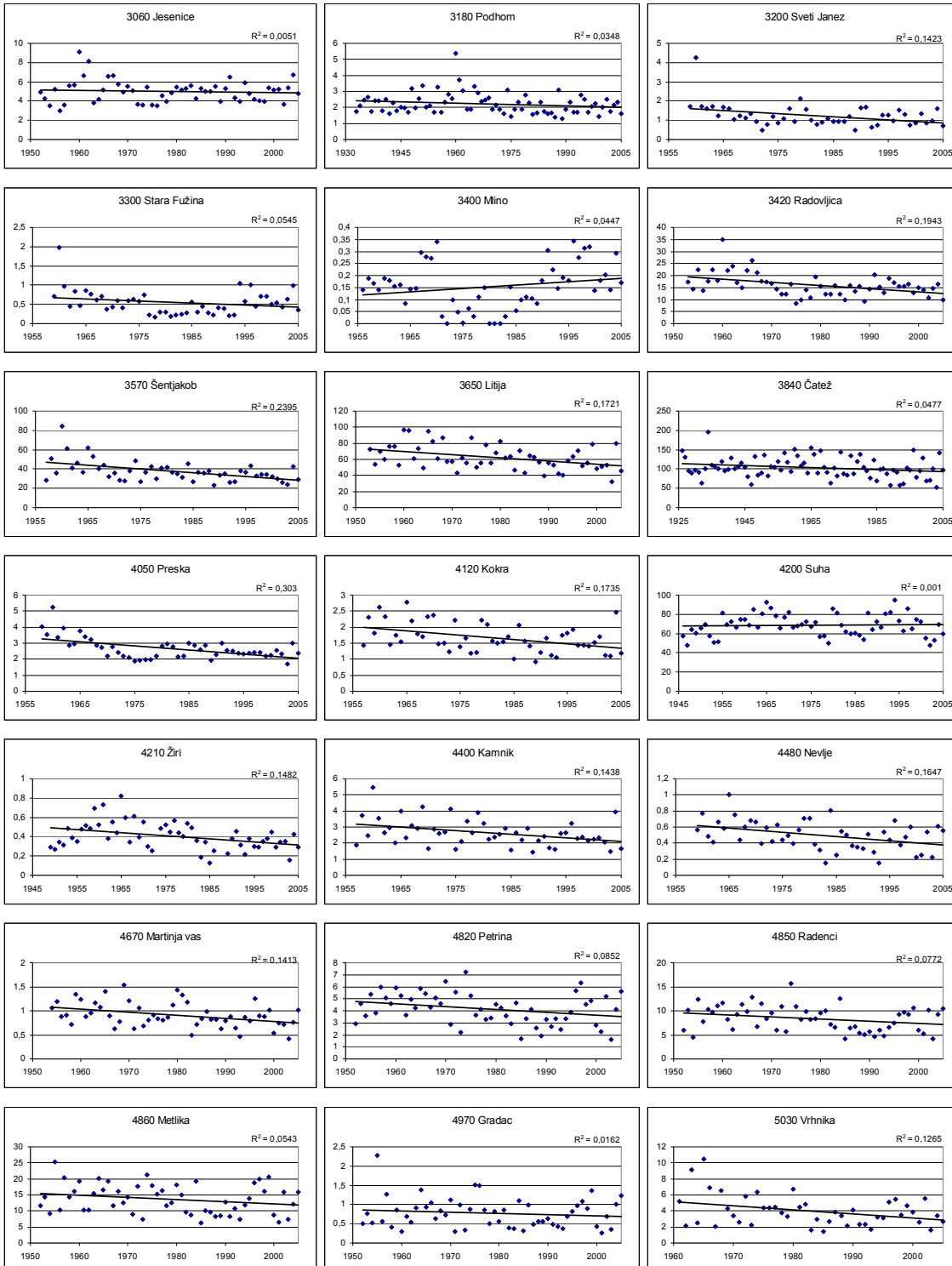


**PRILOGA E: ČASOVNI NIZI NAJMANJŠIH LETNIH 30-DNEVNIH
PRETOKOV NA POSAMEZNIH POSTAJAH**



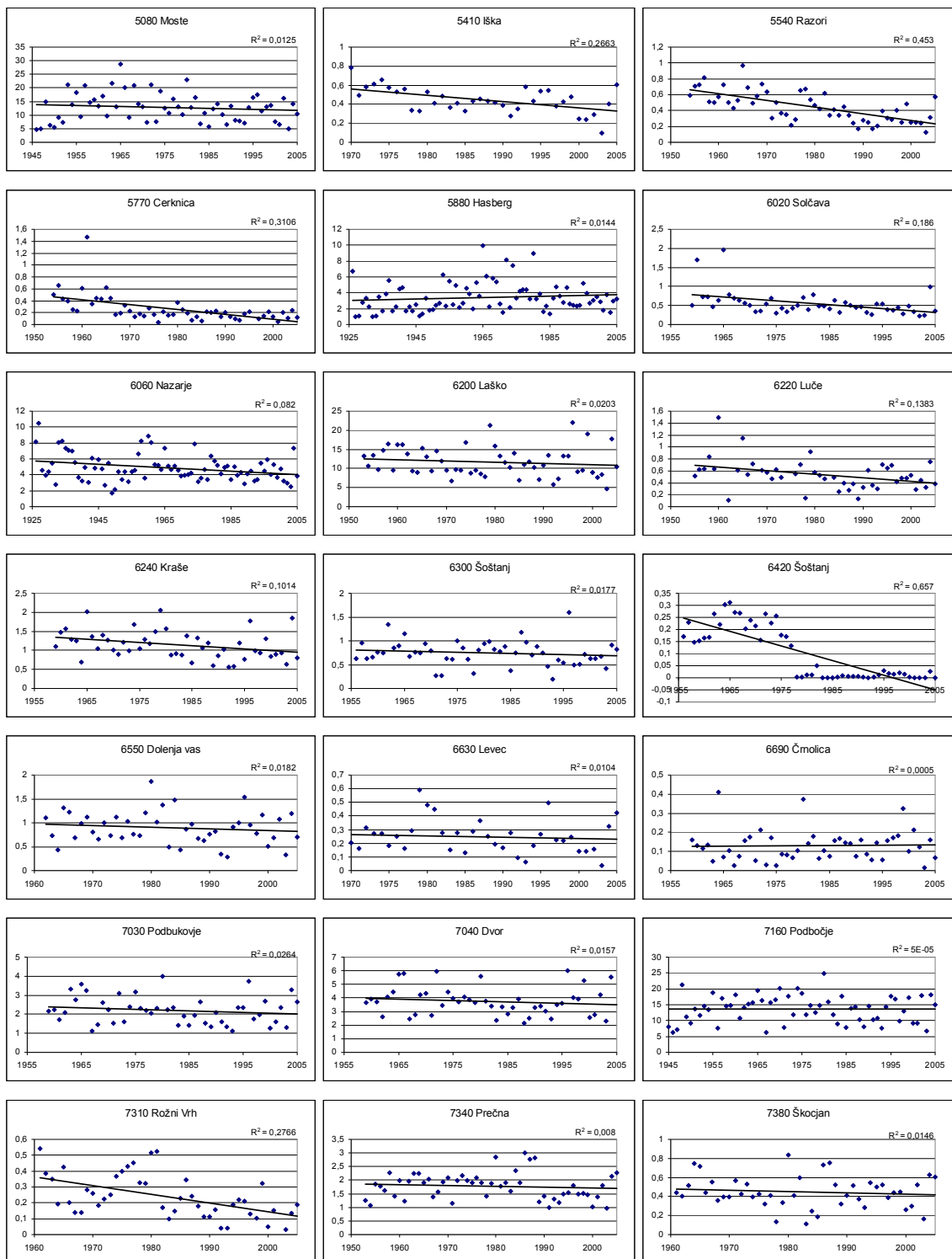
se nadaljuje ...

... nadaljevanje



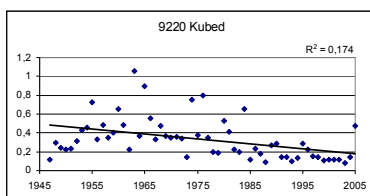
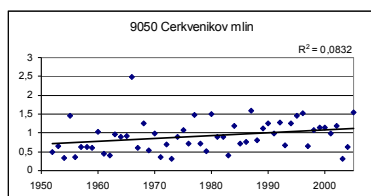
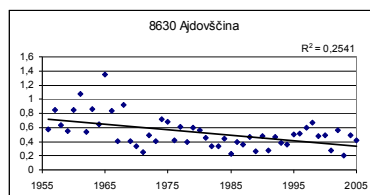
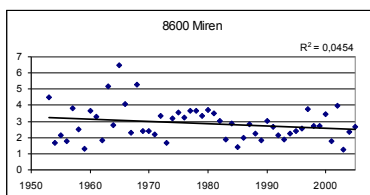
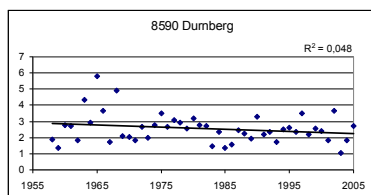
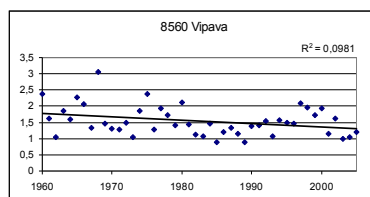
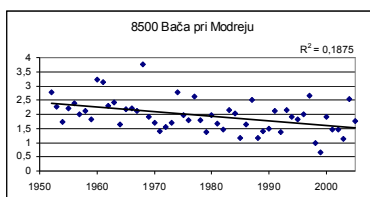
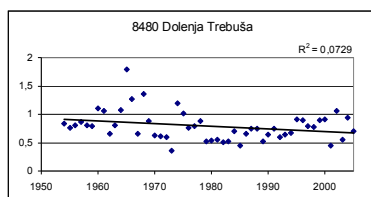
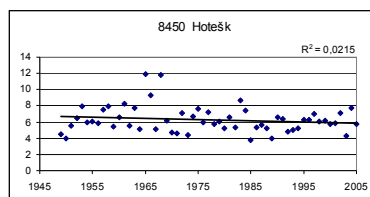
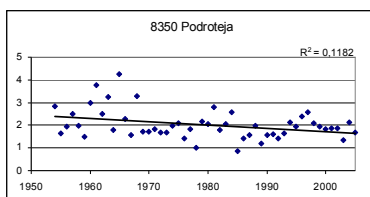
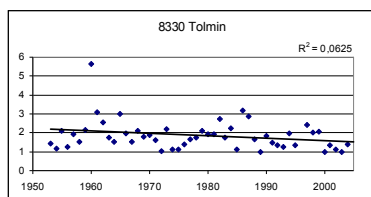
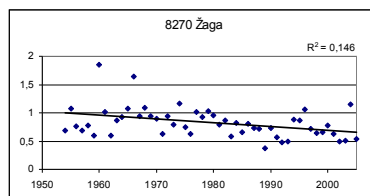
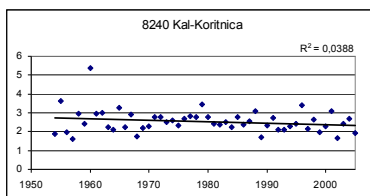
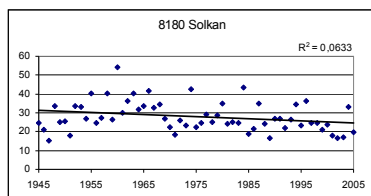
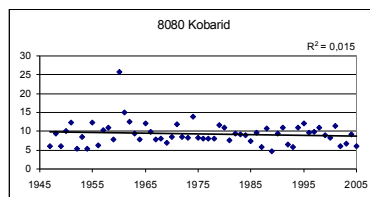
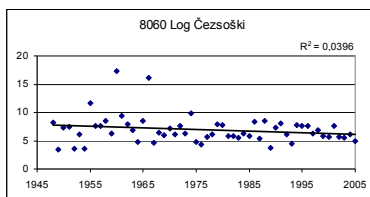
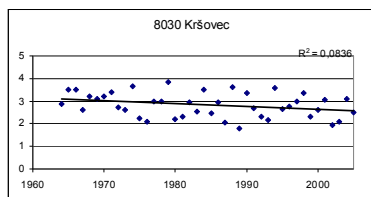
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

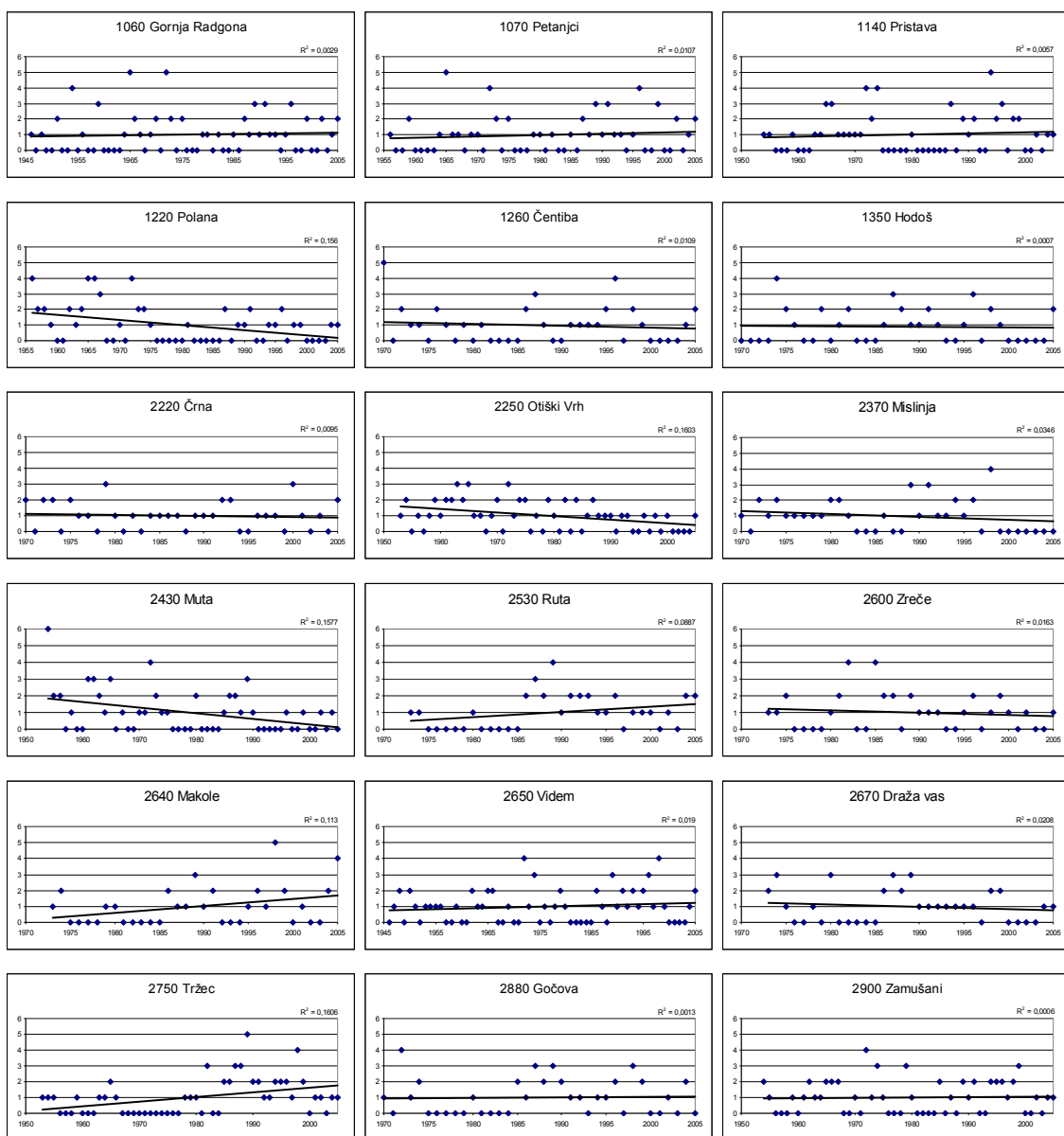


se nadaljuje ...

... nadaljevanje

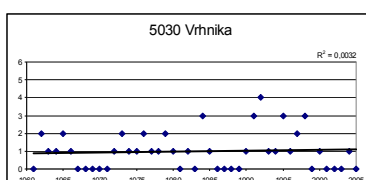
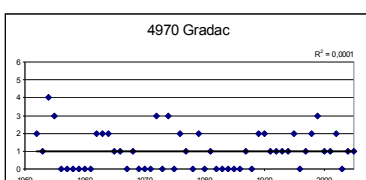
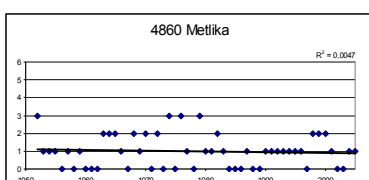
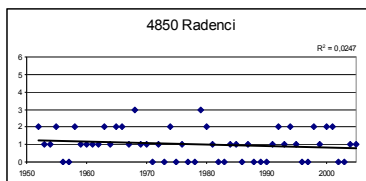
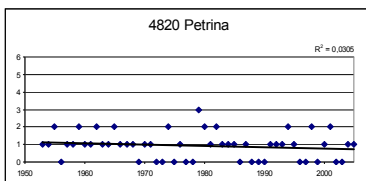
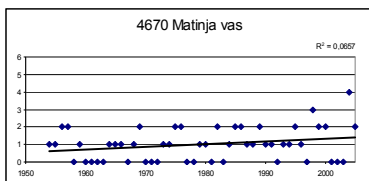
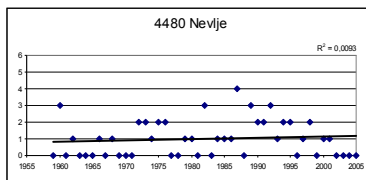
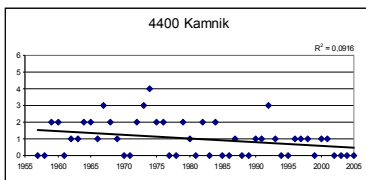
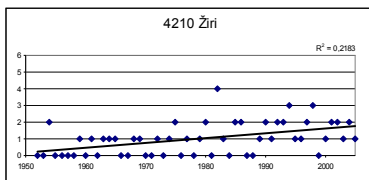
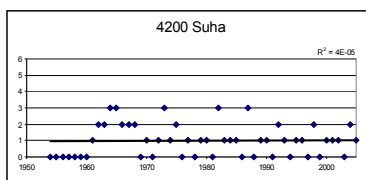
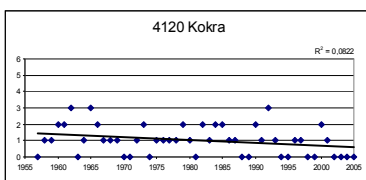
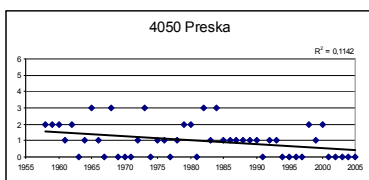
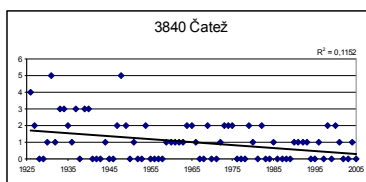
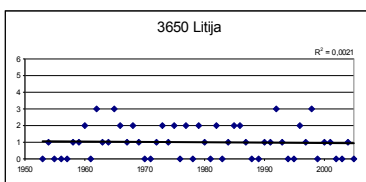
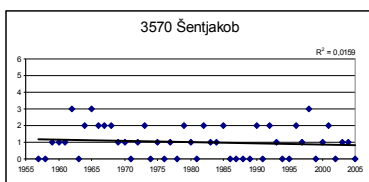
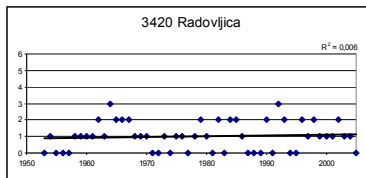
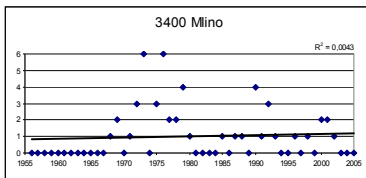
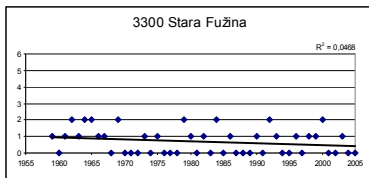
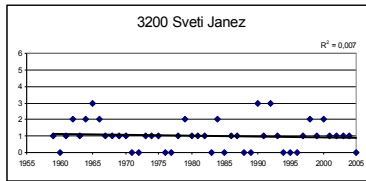
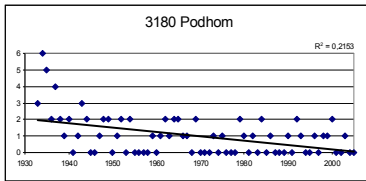
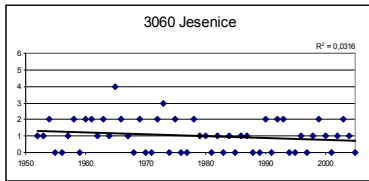


**PRILOGA F: ČASOVNI NIZI EKSTREMNIH VREDNOSTI NAD PRAGOM
NA POSAMEZNIH POSTAJAH (POT1)**



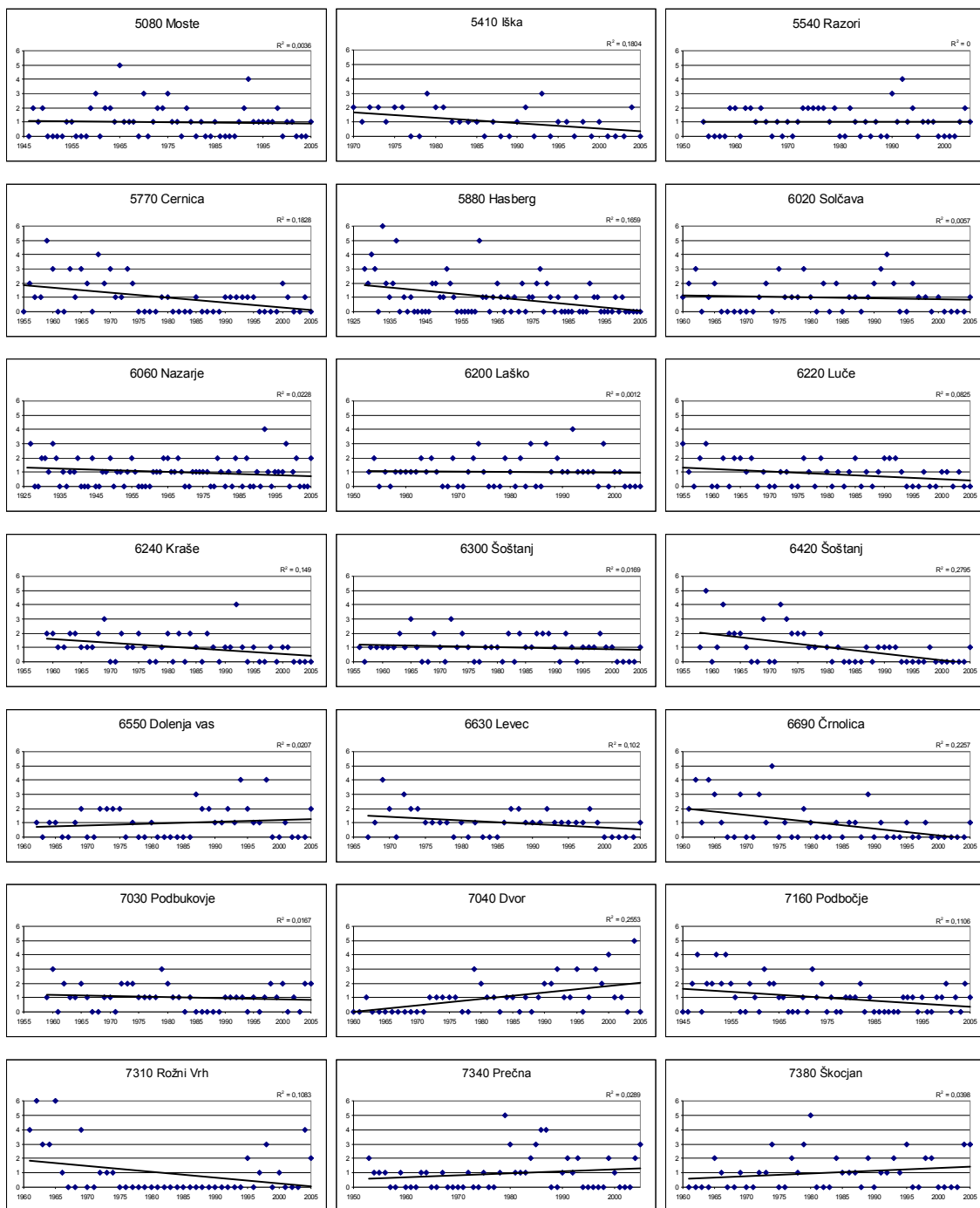
se nadaljuje ...

... nadaljevanje



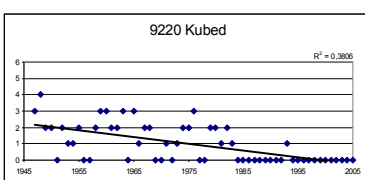
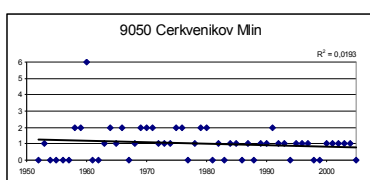
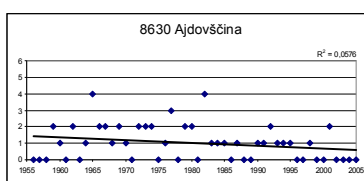
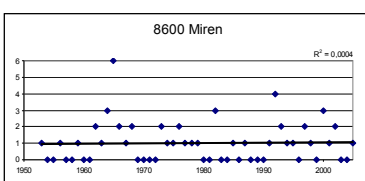
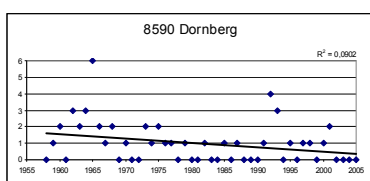
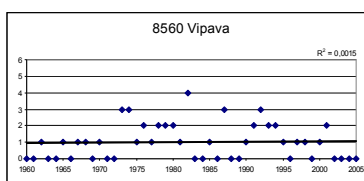
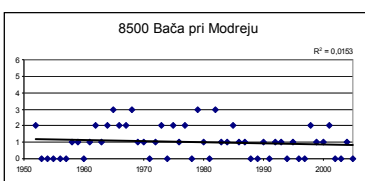
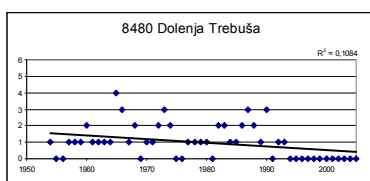
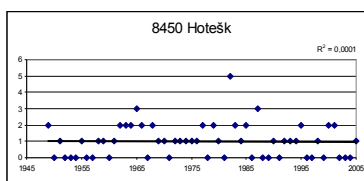
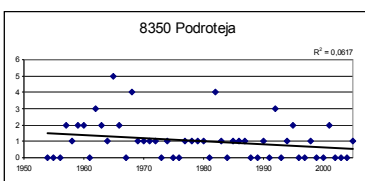
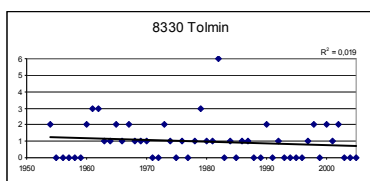
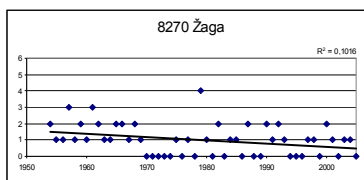
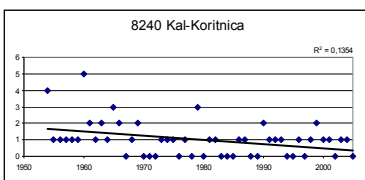
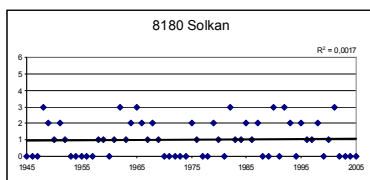
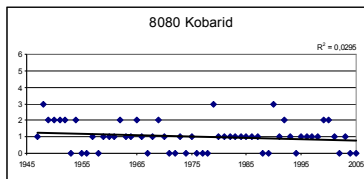
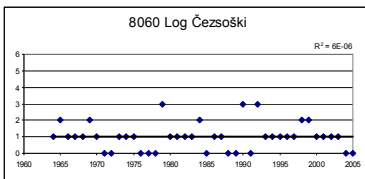
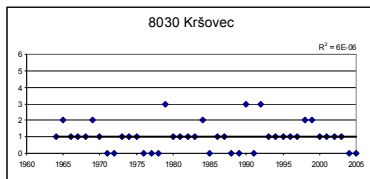
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

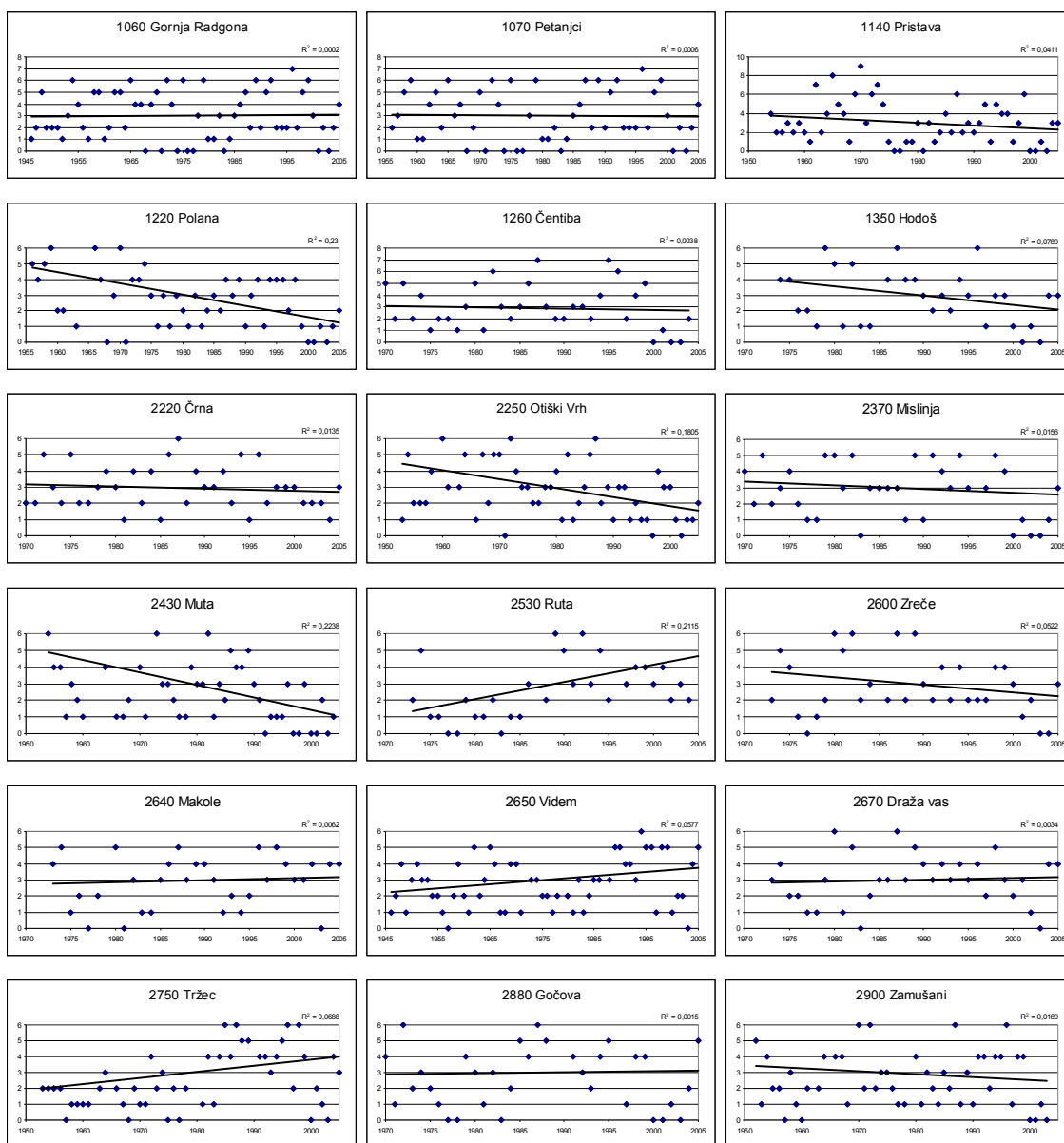


se nadaljuje ...

... nadaljevanje

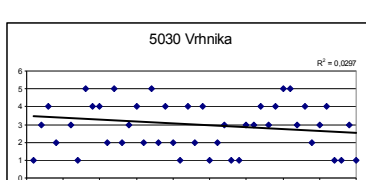
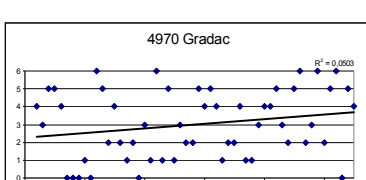
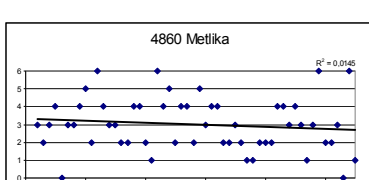
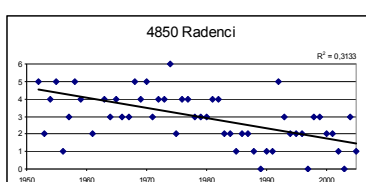
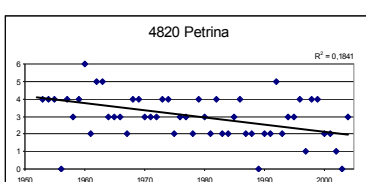
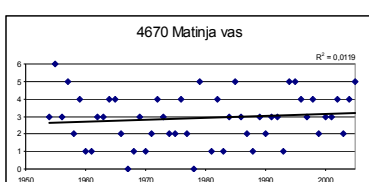
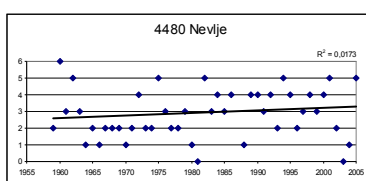
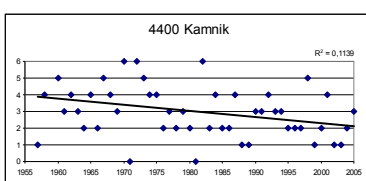
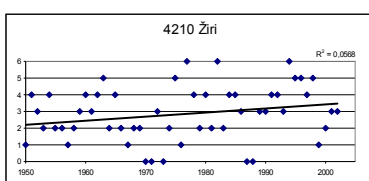
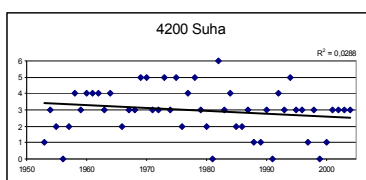
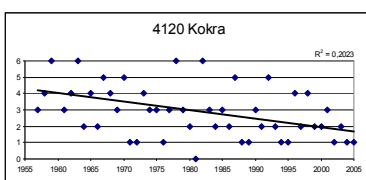
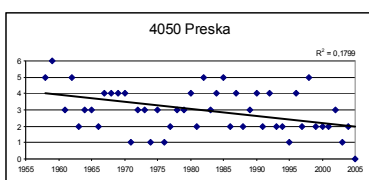
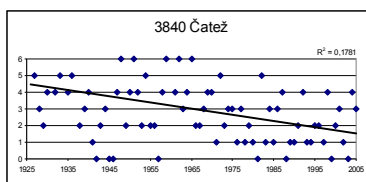
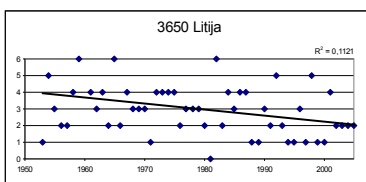
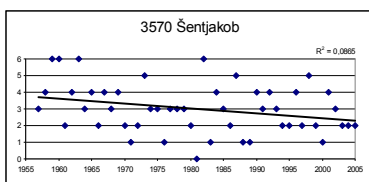
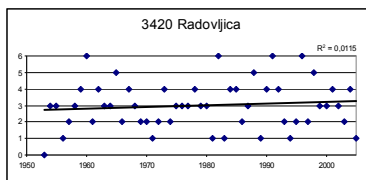
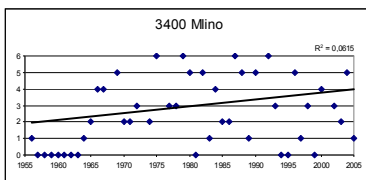
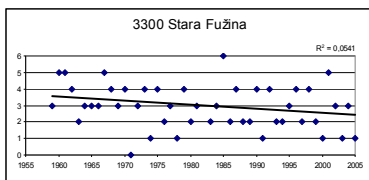
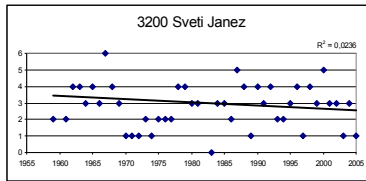
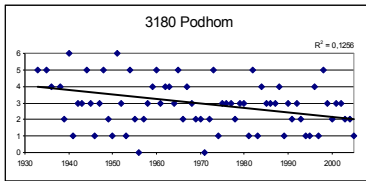
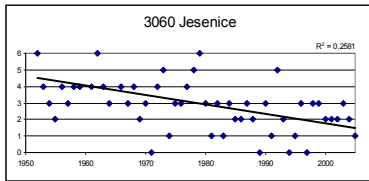


**PRILOGA G: ČASOVNI NIZI EKSTREMNIH VREDNOSTI NAD PRAGOM
NA POSAMEZNIH POSTAJAH (POT3)**



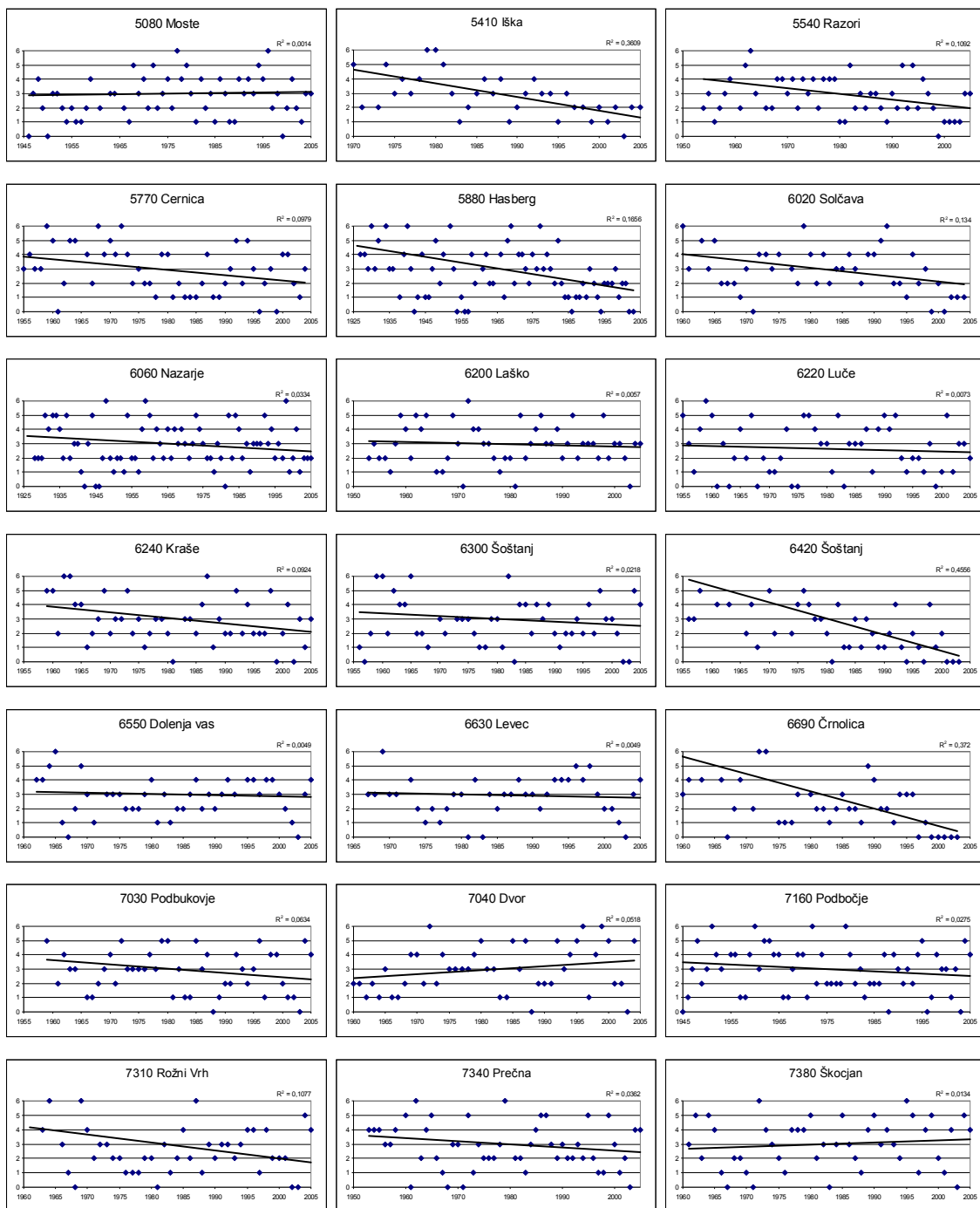
se nadaljuje ...

... nadaljevanje



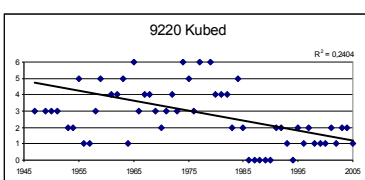
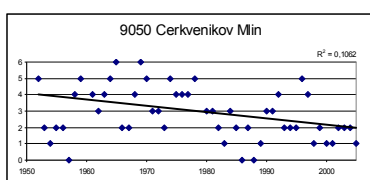
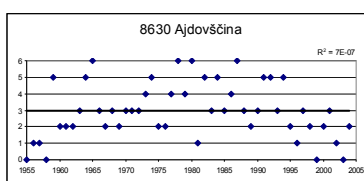
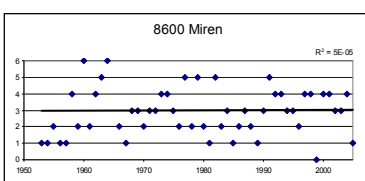
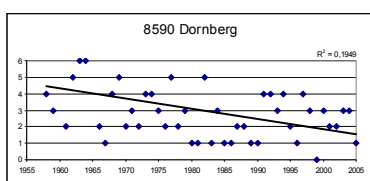
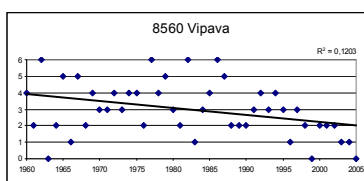
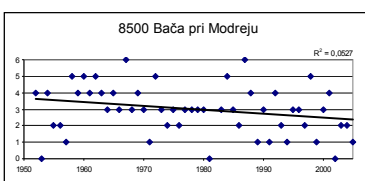
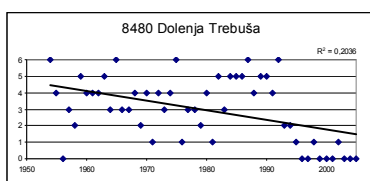
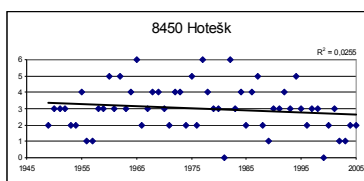
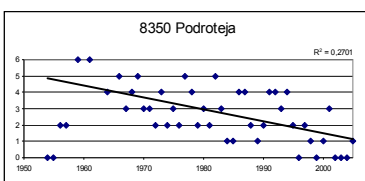
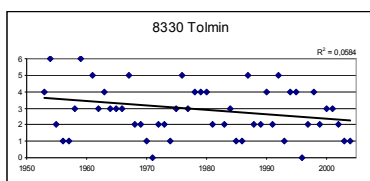
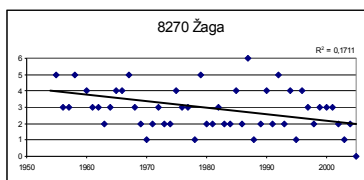
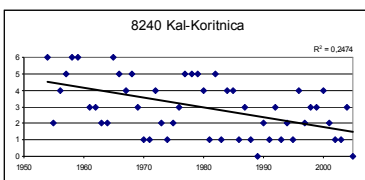
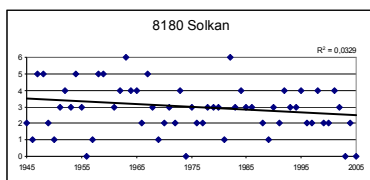
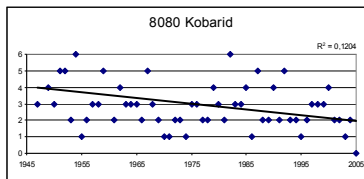
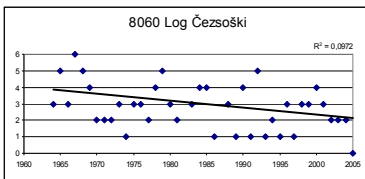
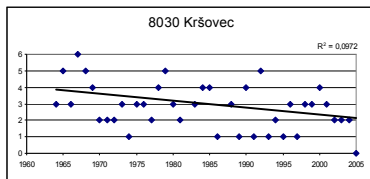
se nadaljuje ...

... nadaljevanje

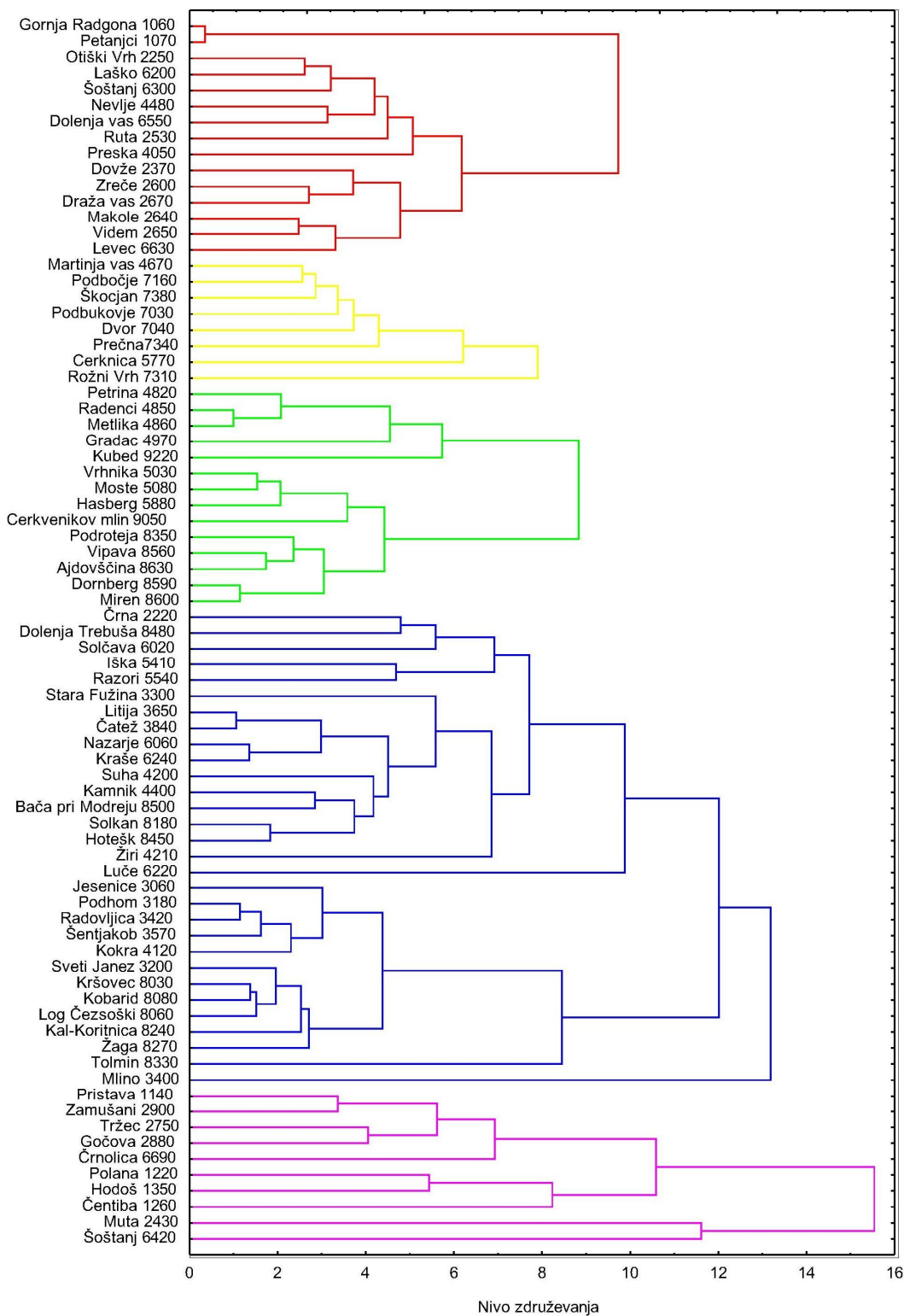


se nadaljuje ...

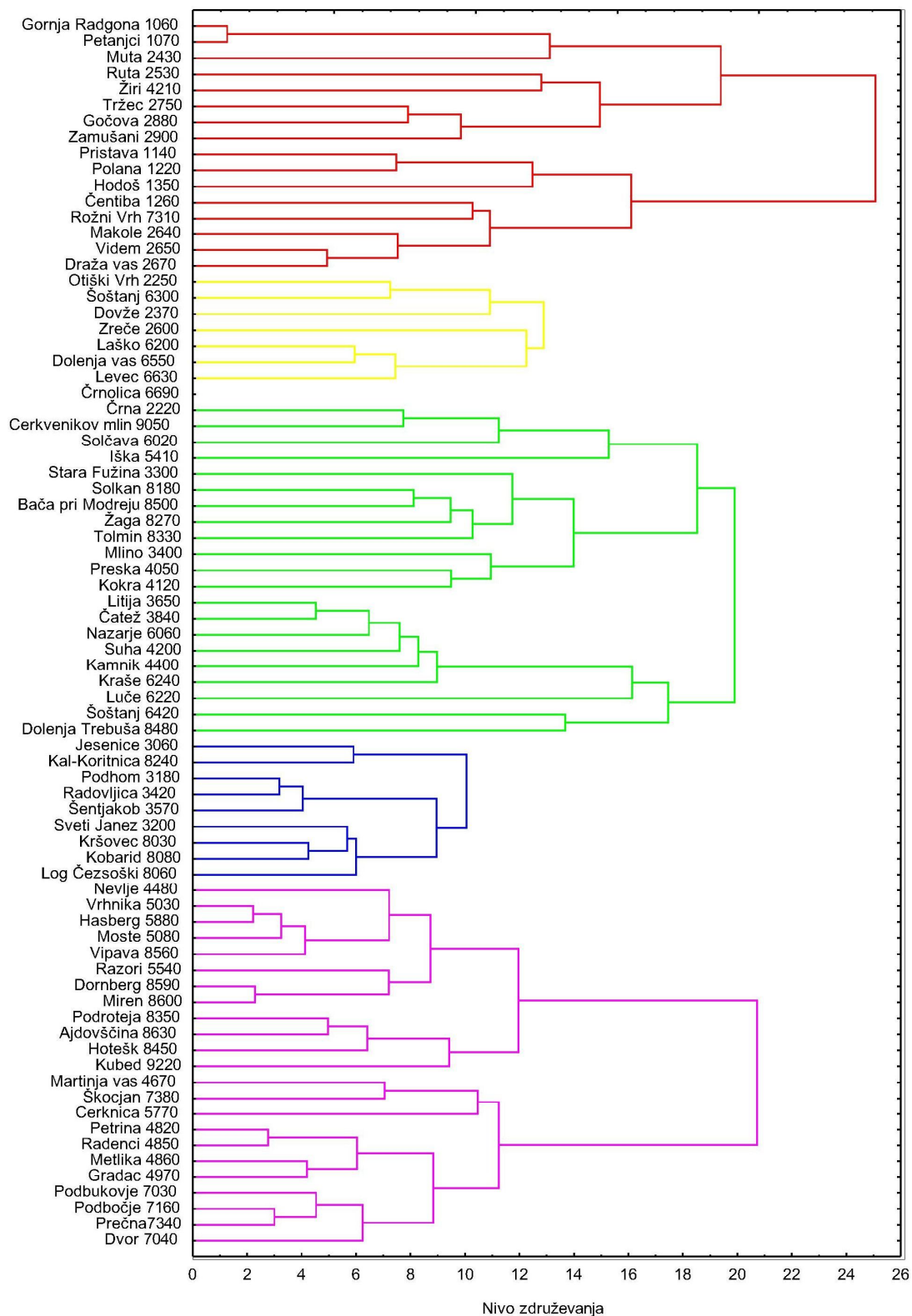
... nadaljevanje



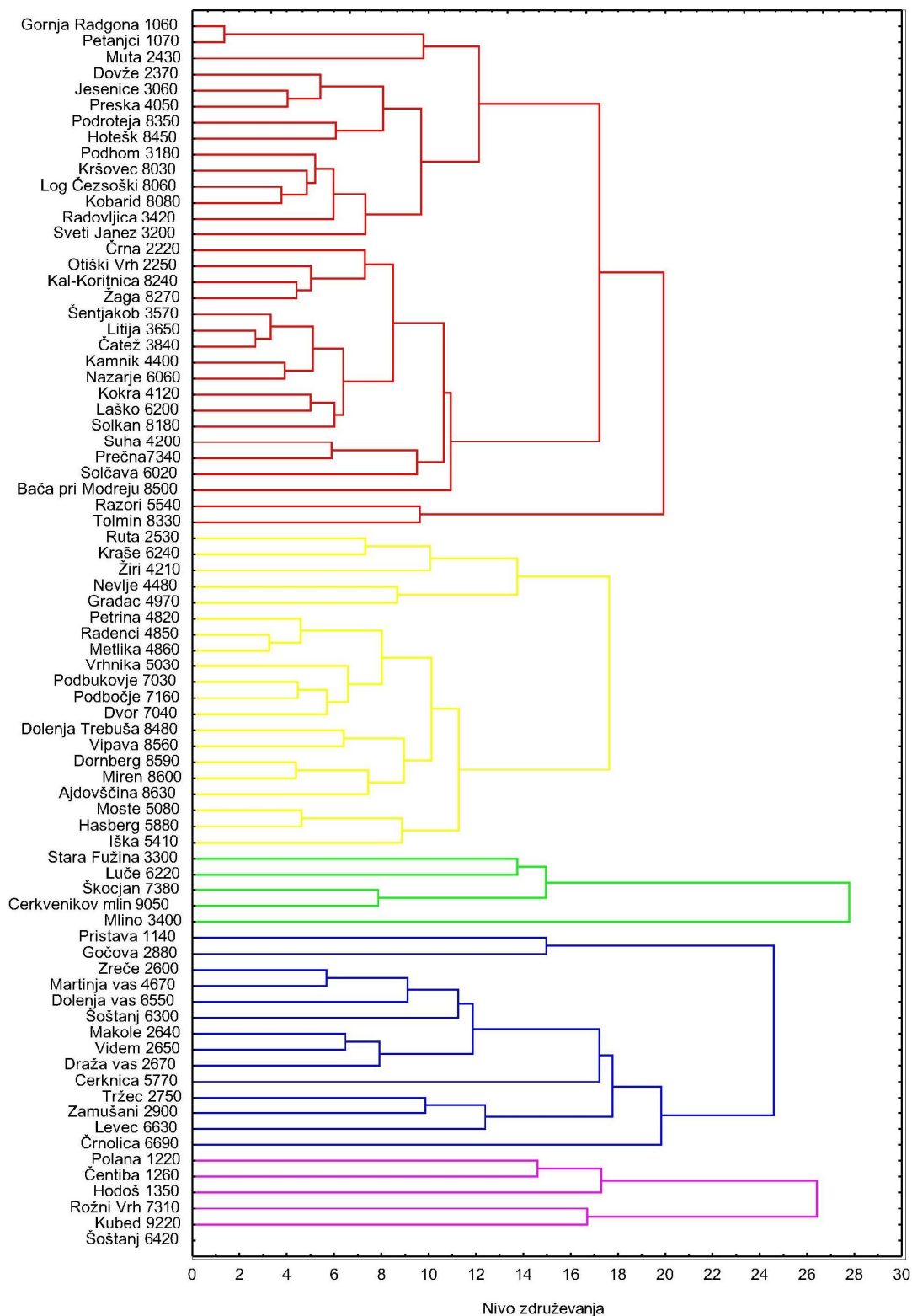
PRILOGA H: DREVESNI DIAGRAM SREDNJIH LETNIH PRETOKOV ZA OBDOBJE 1974 - 2005



PRILOGA I: DREVESNI DIAGRAM NAJVEČJIH LETNIH PRETOKOV ZA OBDOBJE 1974 - 2005



**PRILOGA J: DREVESNI DIAGRAM NAJMANJŠIH LETNIH 7-DNEVNIH
PRETOKOV ZA OBDOBJE 1974 - 2005**



**PRILOGA K: DREVESNI DIAGRAM NAJMANJŠIH LETNIH 30-DNEVNIH
PRETOKOV ZA OBDOBJE 1974 - 2005**

