

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Dornik, M., 2016. Standardizirani padavinski indeks - izračun in analiza za Slovenijo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Šraj, M.): 98 str.

Datum arhiviranja: 27-05-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Dornik, M., 2016. Standardizirani padavinski indeks - izračun in analiza za Slovenijo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šraj, M.): 98 pp.

Archiving Date: 27-05-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

MATEJ DORNIK

**STANDARDIZIRANI PADAVINSKI INDEKS - IZRAČUN
IN ANALIZA ZA SLOVENIJO**

Diplomska naloga št.: 281/VKI

**STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX -
CALCULATION AND ANALYSIS FOR SLOVENIA**

Graduation thesis No.: 281/VKI

Mentorica:

doc. dr. Mojca Šraj

Ljubljana, 24. 05. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisani Matej Dornik izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Standardizirani padavinski indeks – izračun in analiza za Slovenijo«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana,

Matej Dornik

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	519.2:556.12(497.4)(043.2)
Avtor:	Matej Dornik
Mentorica:	doc. dr. Mojca Šraj
Naslov:	Standardizirani padavinski indeks – izračun in analiza za Slovenijo
Tip dokumenta:	Diplomska naloga - Univerzitetni študij
Obseg in oprema:	98 str., 24 pregl., 69 sl., 9 en., 1 pril.
Ključne besede:	Suša, padavine, jakost, gama porazdelitev, standardiziran padavinski indeks, časovna skala, Slovenija

Izвлеček

V zadnjih letih so ekstremni hidrološki dogodki vse pogostejši in izrazitejši. Suša je v primerjavi s poplavo precej bolj kompleksen pojav, saj je težko ugotoviti njen začetek in konec, njeno pojavljanje pa je prostorsko in časovno zelo težko omejiti. Prav tako povzroča veliko gospodarsko škodo. Na splošno je osnovni vzrok suše pomanjkanje padavin ter čas, porazdelitev in intenzivnost primanjkljaja padavin na nekem območju.

Obstajajo različni kazalniki, s katerimi določamo časovne in prostorske dimenzije suše. Eden od pogostejše uporabljenih je standardizirani padavinski indeks (SPI), za izračun katerega potrebujemo le podatke o količini padavin za vsaj 30-letno obdobje.

V nalogi smo izračunali vrednosti indeksa SPI za obdobje 1951-2014 na šestih časovnih skalah za dvajset izbranih meteoroloških postaj v Sloveniji. Ugotovili smo, da se na krajših časovnih skalah pojavlja večje število sušnih dogodkov, vendar pa od leta 1990 opažamo daljša sušna obdobja z večjo jakostjo. Suša se ne pojavlja enotno in istočasno na celotnem območju Slovenije. Pojavlja pa se v podobnih vzorcih pri podobnih prostorskih in klimatskih pogojih.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 519.2:556.12(497.4)(043.2)
Author: Matej Dornik
Supervisor: Assist. Prof. Mojca Šraj, PhD.
Title: Standardized precipitation index – calculation and analysis for Slovenia
Document type: Graduation Thesis - University studies
Scope and tools: 98 p., 24 tab., 69 fig., 9 eq., 1 ann.
Keywords: Drought, precipitation, intensity, gama distribution, standardised precipitation index, times scale, Slovenia

Abstract

In recent years extreme hydrological events are becoming more frequent and pronounced. In comparison with flood drought is a much more complex phenomenon because it is difficult to determine its beginning and end; furthermore its occurrence is very difficult to limit in time and space. It also causes considerable economic damage. In general the primary cause of drought is the lack of rainfall, and at the same time also time of the occurrence of the rainfall deficit, its distribution and intensity in a specific area.

There are various indicators that determine time and space dimensions of drought. One of the most frequently used is the standardized precipitation index (SPI), the calculation of which requires only data of rainfall for at least a period of 30-years.

In the thesis we calculated the values of SPI index for twenty selected meteorological stations in Slovenia for the period 1951 to 2014 on six time scales. We found that on shorter time scales larger number of drought appeared, but since 1990 increased drought periods with greater intensity were observed. Drought does not occur uniformly and simultaneously throughout Slovenia, however it occurs in similar patterns at similar spatial and climatic conditions.

ZAHVALA

Za vse napotke, usmerjanje in strokovno vodenje pri pisanju diplomskega dela, se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Mojci Šraj. Zahvaljujem se tudi staršema, ki sta mi omogočila študij ter ženi Mateji za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	IX
KAZALO SLIK.....	XI
1 UVOD	1
2 SUŠA.....	4
2.1 Vzroki za nastanek suše	4
2.1.1 Atmosferski vzorec kroženja zraka	4
2.1.2 Pomanjkanje padavin	4
2.1.3 Temperatura	5
2.1.4 Naravno zadrževanje vode.....	6
2.1.5 Socialno - ekonomski dejavniki.....	8
2.2 Človeški vplivi	9
2.2.1 Podnebne spremembe.....	9
2.2.2 Potreba po vodi in razpoložljivost vodnih virov	10
2.2.3 Spremembe rabe tal	11
2.2.4 Okoljska ozaveščenost	12
2.3 Vrste suš.....	12
2.3.1 Meteorološka suša.....	14
2.3.2 Kmetijska suša	14
2.3.3 Hidrološka suša.....	15
3 STANDARDIZIRANI PADAVINSKI INDEKS (SPI).....	17

3.1 Uvod.....	17
3.2 Izračun standardiziranega padavinskega indeksa (SPI)	20
3.3 Izračun indeksa SPI z računalniškim programom.....	25
4 REZULTATI IN ANALIZA.....	28
4.1 Podatki.....	28
4.1.1 Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad.....	29
4.1.2 Meteorološka postaja Šmartno pri Slovenj Gradcu.....	30
4.1.3 Meteorološka postaja Leskovicica	31
4.1.4 Meteorološka postaja Davča	31
4.1.5 Meteorološka postaja Železniki	32
4.1.6 Meteorološka postaja Soča.....	32
4.1.7 Meteorološka postaja Mrzla Rupa	33
4.1.8 Meteorološka postaja Morsko pri Kanalu.....	34
4.2 Izračun in analiza standardiziranega padavinskega indeksa (SPI) za izbrane meteorološke postaje in različne časovne skale	34
4.2.1 Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad.....	35
4.2.2 Meteorološka postaja Novo mesto.....	37
4.2.3 Meteorološka postaja Celje.....	39
4.2.4 Meteorološka postaja Maribor	41
4.2.5 Meteorološka postaja Šmartno pri Slovenj Gradcu.....	44
4.2.6 Meteorološka postaja Rateče	46
4.2.7 Meteorološka postaja Logatec.....	49
4.2.8 Meteorološka postaja Mrzla Rupa	51
4.2.9 Meteorološka postaja Soča.....	53
4.2.10 Meteorološka postaja Železniki.....	55
4.2.11 Meteorološka postaja Davča	58
4.2.12 Meteorološka postaja Leskovicica.....	59
4.2.13 Meteorološka postaja Podbrdo	61

4.2.14	Meteorološka postaja Črni vrh nad Idrijo	64
4.2.15	Meteorološka postaja Morsko pri Kanalu.....	66
4.2.16	Meteorološka postaja Šempas	69
4.2.17	Meteorološka postaja Podgrad pri Ilirski Bistrici	71
4.2.18	Meteorološka postaja Sinji vrh.....	73
4.2.19	Meteorološka postaja Murska Sobota	75
4.2.20	Meteorološka postaja Mislinja.....	77
5	PRIMERJAVA REZULTATOV.....	81
6	ZAKLJUČEK	88
VIRI.....		90

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Škoda zaradi suše v Sloveniji v obdobju od 1994-2008 in relativno na prebivalca*	2
Preglednica 2: Klasifikacija suše ter pripadajoča verjetnost za pojav sušnega dogodka pri SPI	24
Preglednica 3: Lokacija izbranih meteoroloških postaj z osnovnimi značilnostmi	28
Preglednica 4: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Ljubljana-Bežigrad s pripadajočimi vsotami padavin.....	37
Preglednica 5: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Novo mesto s pripadajočimi vsotami padavin	39
Preglednica 6: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Celje s pripadajočimi vsotami padavin	41
Preglednica 7: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Maribor s pripadajočimi vsotami padavin	44
Preglednica 8: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Šmartno pri Sl. Gradcu s pripadajočimi vsotami padavin.....	46
Preglednica 9: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Rateče s pripadajočimi vsotami padavin	48
Preglednica 10: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Logatec s pripadajočimi vsotami padavin.....	50
Preglednica 11: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Mrzla Rupa s pripadajočimi vsotami padavin	52
Preglednica 12: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Soča s pripadajočimi vsotami padavin	55
Preglednica 13: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Železniki s pripadajočimi vsotami padavin	57
Preglednica 14: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Davča s pripadajočimi vsotami padavin	59
Preglednica 15: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Leskoviča s pripadajočimi vsotami padavin.....	61
Preglednica 16: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Podbrdo s pripadajočimi vsotami padavin	63
Preglednica 17: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Črni vrh nad Idrijo s pripadajočimi vsotami padavin	66
Preglednica 18: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Morsko pri Kanalu s pripadajočimi vsotami padavin	68
Preglednica 19: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Šempas s pripadajočimi vsotami padavin	70
Preglednica 20: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1955-2014 na postaji Podgrad pri Ilirski Bistrici s pripadajočimi vsotami padavin	73

Preglednica 21: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Sinji vrh s pripadajočimi vsotami padavin	75
Preglednica 22: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Murska Sobota s pripadajočimi vsotami padavin.....	77
Preglednica 23: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1954-2014 na postaji Mislinja s pripadajočimi vsotami padavin	79
Preglednica 24: Najnižje vrednosti SPI za vseh dvajset obravnavanih postaj z obdobjem pojava.....	81

KAZALO SLIK

Slika 1: Sušna območja v Evropi.....	2
Slika 2: Nastanek kolesnic zaradi prevelikega tlačenja in vlažnosti tal.....	7
Slika 3: Prikaz celotne načrpane vode v območju EU-15 od leta 1980-2010	10
Slika 4: Letni razvoj namakalnih zemljišč v regijah EU	11
Slika 5: Odnos med posameznimi vrstami suše in trajanjem sušnega dogodka	13
Slika 6: Porumeneli listi posušene koruze na pomurskem.....	15
Slika 7: Suha rečna struga na primorskem	16
Slika 8: Vrednosti SPI6 (marec-avgust) za JV Evropo v letu 2000	19
Slika 9: Vrednosti SPI3 (junij-avgust) za JV Evropo v letu 2012.....	20
Slika 10: Porazdelitev količine padavin za trimesečno obdobje (junij, julij, avgust) za Ljubljano (obdobje 1961-2000).....	22
Slika 11: Primer pretvorbe vsote padavin v vrednost indeksa SPI za trimesečno vsoto padavin (junij, julij, avgust) za Ljubljano	23
Slika 12: Vhodni podatki prikazani v tekstovni datoteki (txt) za padavinsko postajo Ljubljana	25
Slika 13: Primer vhodnega okna programa za izračun na šestih časovnih skalah (1, 2, 3, 6, 9, 12 mesečna časovna skala)	26
Slika 14: Vrednosti indeksa SPI na šestih različnih skalah, pridobljene s programom.....	27
Slika 15: Lokacija izbranih meteoroloških postaj.....	29
Slika 16: Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad novembra 2012.....	30
Slika 17: Meteorološki opazovalni prostor v Šmartnem pri Slovenj Gradcu.....	30
Slika 18: Lokacija meteorološke postaje Leskovicca	31
Slika 19: Opazovalčev dom v Davči	32
Slika 20: Meteorološki opazovalni prostor v Železnikih.....	32
Slika 21: Opazovalni prostor meteorološke postaje Soča.....	33
Slika 22: Opazovalni prostor meteorološke postaje Mrzla Rupa	33
Slika 23: Meteorološki opazovalni prostor v Morskem	34
Slika 24: Enomesečni SPI za postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje 1951-2014	35
Slika 25: Dvanajstmesečni SPI za postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje 1951-2014.....	35
Slika 26: Dvomesečni SPI za postajo Novo mesto za obdobje 1951-2014	37
Slika 27: Dvanajstmesečni SPI za postajo Novo mesto za obdobje 1951-2014	38
Slika 28: Enomesečni SPI za postajo Celje za obdobje 1951-2014	40
Slika 29: Dvanajstmesečni SPI za postajo Celje za obdobje 1951-2014	40
Slika 30: Dvomesečni SPI za postajo Maribor za obdobje 1951-2014	42
Slika 31: Devetmesečni SPI za postajo Maribor za obdobje 1951-2014	42
Slika 32: Enomesečni SPI za postajo Šmartno pri Sl. Gradcu za obdobje 1951-2014.....	44
Slika 33: Dvanajstmesečni SPI za postajo Šmartno pri Sl. Gradcu za obdobje 1951-2014.....	45
Slika 34: Dvomesečni SPI za postajo Rateče za obdobje 1951-2014	47

Slika 35: Dvanajstmesečni SPI za postajo Rateče za obdobje 1951-2014.....	48
Slika 36: Enomesečni SPI za postajo Logatec za obdobje 1951-2014	49
Slika 37: Devetmesečni SPI za postajo Logatec za obdobje 1951-2014.....	49
Slika 38: Trimesečni SPI za postajo Mrzla Rupa za obdobje 1951-2014	51
Slika 39: Dvanajstmesečni SPI za postajo Mrzla Rupa za obdobje 1951-2014.....	52
Slika 40: Dvomesečni SPI za postajo Soča za obdobje 1951-2014	54
Slika 41: Devetmesečni SPI za postajo Soča za obdobje 1951-2014	54
Slika 42: Enomesečni SPI za postajo Železniki za obdobje 1951-2014	56
Slika 43: Dvanajstmesečni SPI za postajo Železniki za obdobje 1951-2014.....	56
Slika 44: Enomesečni SPI za postajo Davča za obdobje 1951-2014	58
Slika 45: Dvanajstmesečni SPI za postajo Davča za obdobje 1951-2014.....	59
Slika 46: Dvomesečni SPI za postajo Leskoviča za obdobje 1951-2014.....	60
Slika 47: Dvanajstmesečni SPI za postajo Leskoviča za obdobje 1951-2014	61
Slika 48: Enomesečni SPI za postajo Podbrdo za obdobje 1951-2014	62
Slika 49: Devetmesečni SPI za postajo Podbrdo za obdobje 1951-2014	62
Slika 50: Enomesečni SPI za postajo Črni vrh nad Idrijo za obdobje 1951-2014	64
Slika 51: Dvanajstmesečni SPI za postajo Črni vrh nad Idrijo za obdobje 1951-2014	65
Slika 52: Trimesečni SPI za postajo Morsko pri Kanalu za obdobje 1951-2014.....	67
Slika 53: Dvanajstmesečni SPI za postajo Morsko pri Kanalu za obdobje 1951-2014	67
Slika 54: Trimesečni SPI za postajo Šempas za obdobje 1951-2014.....	69
Slika 55: Devetmesečni SPI za postajo Šempas za obdobje 1951-2014	70
Slika 56: Enomesečni SPI za postajo Podgrad pri Il. Bistrici za obdobje 1955-2014	71
Slika 57: Dvanajstmesečni SPI za postajo Podgrad pri Il. Bistrici za obdobje 1955-2014.....	72
Slika 58: Dvomesečni SPI za postajo Sinji vrh za obdobje 1951-2014	74
Slika 59: Devetmesečni SPI za postajo Sinji vrh za obdobje 1951-2014.....	74
Slika 60: Enomesečni SPI za postajo Murska Sobota za obdobje 1951-2014	76
Slika 61: Dvanajstmesečni SPI za postajo Murska Sobota za obdobje 1951-2014.....	76
Slika 62: Trimesečni SPI za postajo Mislinja za obdobje 1954-2014.....	78
Slika 63: Dvanajstmesečni SPI za postajo Mislinja za obdobje 1954-2014	79
Slika 64: Primerjava vrednosti SPI1 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014.....	83
Slika 65: Primerjava vrednosti SPI2 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014.....	83
Slika 66: Primerjava vrednosti SPI3 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014.....	84
Slika 67: Primerjava vrednosti SPI6 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014.....	84
Slika 68: Primerjava vrednosti SPI9 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014.....	85
Slika 69: Primerjava vrednosti SPI12 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014.....	85

1 UVOD

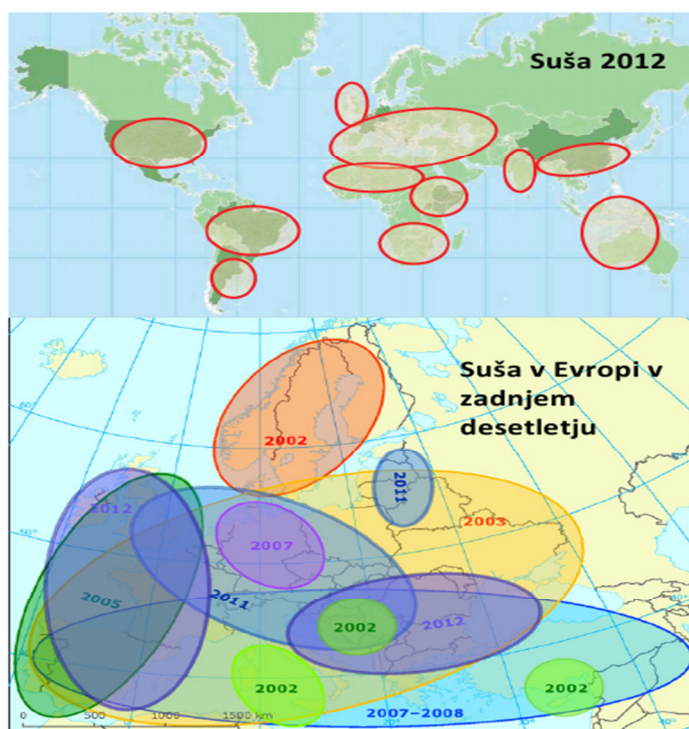
Evropska agencija za okolje podpira trajnostni razvoj za izboljšanje Evropskega okolja in sicer z zagotavljanjem ustreznih, zanesljivih in usmerjenih informacij. EEA in druge podobne institucije pripravljajo razne študije o trajnostni rabi evropskih vodnih virov. Zaradi njihovih omejenosti je potrebno vodne vire upravljati gospodarno, načrtovano in trajnostno (EEA, 2001).

Trajnostno ravnanje z vodo postaja vedno bolj pomembno v Evropski politiki. Smernice temeljijo na varovanju razpoložljivih vodnih virov, kar prispeva k blažitvi posledic poplav in suš. Evropska direktiva o vodah s tem prispeva k zagotavljanju zadostnega števila površinskih in podzemnih voda, ki so potrebna za trajnostno, uravnoteženo in pravično uporabo vodnih virov. Da bi zagotovili trajno rabo vodnih virov, je potrebno vzpostaviti ravnovesje med varovanjem in gospodarsko rabo, upravljanje z vodnimi viri pa bi moralo biti celovito (EEA, 2001).

Hidrološki ekstremi so v naravi stalen pojav, tako poplave kot tudi suše. V zadnjih letih so ekstremni hidrološki dogodki vse pogostejši in izrazitejši. Suša je v primerjavi s poplavo precej bolj kompleksen pojav, saj je težko ugotoviti njen začetek in konec, njeno pojavljanje pa je prostorsko in časovno zelo težko omejiti (Brenčič, 2012). Razvija se počasi, jakost suše pa je odvisna od trajanja, intenzivnosti in prostorske razširjenosti padavinskega primanjkljaja.

Slovenija je bogata z vodnimi viri, k čemur pripomore predvsem velika količina padavin. Temu pa se nekateri predeli soočajo s pomanjkanjem vode in sušo, kar je v največji meri posledica velike razlike v količini padavin med predeli na zahodu in vzhodu države. V Sloveniji pade v povprečju od 800 mm padavin na leto na severovzhodu do več kot 3000 mm na zahodu. Gre za eno bolj vodnatih držav na svetu, vendar pa suša predstavlja vse večje tveganje tudi v Sloveniji. Ta trend se bo v prihodnosti verjetno še stopnjeval, zato lahko pričakujemo večje regionalne težave pri razpoložljivosti vodnih virov (Sušnik in sod., 2013).

Najnovejši podatki Evropske okoljske agencije kažejo, da se je število držav v Evropi, ki so pod vplivom suše, v obdobju od leta 1980 do leta 2011 povečalo iz 15 na 28. Intenzivnejše suše v Evropi so bile leta 2006 v osrednji Evropi, leta 2007 v južni in vzhodni Evropi in 2010 v vzhodni Evropi. Tudi leta 2011 in 2012 je suša prizadela velik del južne, zahodne in severne Evrope (slika 1). Suša leta 2011 je bila najhujša v zadnjih stotih letih.



Slika 1: Sušna območja v Evropi (Kmetijska..., 2013)

V Evropi je suša v zadnjih 30 letih povzročila za 100 milijard EUR škode. Največja škoda je bila leta 2003, ko je suša povzročila za okoli 9 milijard EUR škode. Prizadela je več kot 100 milijonov ljudi in tretjino ozemlja EU. Suše pogostokrat dosegajo razsežnosti naravne nesreče, ko neposredna škoda preseže 0,3 promila načrtovanih prihodkov državnega proračuna. V svetovnem kmetijstvu naj bi zaradi suše do leta 2050 pridelek manjši za okoli 50 % (Kmetijska..., 2013).

Preglednica 1 nam prikazuje neposredno škodo ob suši (uničen pridelek), posredna škoda pa nastane na drugih območjih in področjih ter je lahko mnogo višja od neposredne škode (izpad dohodka zaradi prekinitev v industriji, kmetijstvu, energetiki...) (Zorn in Komac, 2011).

Preglednica 1: Škoda zaradi suše v Sloveniji v obdobju od 1994-2008 (Ocenjena..., 2009) in relativno na prebivalca* (povzeto po Zorn in Komac, 2011: str 37)

Leto	V 1000 EUR	EUR/preb.
1994	5.630	2,8
1995	138	0,1
1996	338	0,2
1997	11.580	5,8
1998	159	0,1
1999	2.959	1,5
2000	78.651	39,5
2001	41.579	20,9
2002	288	0,1
2003	128.384	64,3

... nadaljevanje Preglednice 1

2004	300	0,2
2005	-	-
2006	49.958	24,9
2007	16.382	8,1
2008	-	-

* število prebivalcev je povzeto po podatkih o številu rojstev in smrti Statističnega urada Republike Slovenije (1994–2008), Centralnega registra prebivalcev Ministrstva za notranje zadeve (1994–2008) ter podatkih o tujih državljanih Direktorata za upravne notranje zadeve Ministrstva za notranje zadeve (1994–2008).

Napovedovanje suše še vedno ni mogoče, lahko pa bi z različnimi strokovnimi podlagami in sistemom zgodnjega opozarjanja bistveno zmanjšali ali celo preprečili negativne posledice. Sušni indeksi so danes nepogrešljivo orodje za zaznavanje, spremljanje in oceno stanja sušnih razmer (Šebenik, 2012). Hidrološka znanost je razvila širok spekter sušnih indeksov, med katerimi jih največje število temelji na analizi padavinskih režimov. Pogosta metoda za določanje meteorološke suše je standardiziran padavinski indeks (SPI), ki je bil razvit v začetku devetdesetih let 20. stoletja na Univerzi v Koloradu v Združenih državah Amerike (Mckee in sod., 1993). SPI temelji na dolgih nizih podatkov o padavinah, najpogosteje pa so ti padavinski nizi podani kot mesečne višine padavin (Brenčič, 2012). Odlikuje ga preprostost izračuna in časovna fleksibilnost, ki omogoča uporabo indeksa na različnih časovnih skalah (Šebenik, 2012).

Namen diplomske naloge je (1) predstaviti metodologijo izračuna standardiziranega padavinskega indeksa, (2) izračunati SPI za obdobje 1951-2014 za dvajset izbranih meteoroloških postaj, (3) primerjati SPI na različnih časovnih skalah, (4) primerjati in analizirati rezultate izračunanih indeksov z dejanskimi sušnimi obdobji in pojavi suše.

2 SUŠA

2.1 Vzroki za nastanek suše

Suša je rezultat kombinacije meteoroloških, fizikalnih in človeških dejavnikov. Osnovni vzrok suše je pomanjkanje padavin ter čas, porazdelitev in intenzivnost primanjkljaja v povezavi z obstoječo zalogo in porabo vode. Glavni meteorološki dejavniki so: vzorec atmosferskega kroženja zraka, pomanjkanje padavin, temperatura in evapotranspiracija. Dodatni fizični in človeški dejavniki, ki vplivajo na pojav suše, so: obseg naravnega zadrževanja vode, ter socioekonomski dejavniki, ki kontrolirajo porabo vode. Temperatura in izhlapevanje lahko v kombinaciji s padavinami poslabšata trajanje dogodka. Vzorec atmosferskega kroženja ima velik vpliv na količino in razporeditev padavin ter temperature (EEA, 2001).

2.1.1 Atmosferski vzorec kroženja zraka

Vzorec kroženja zraka, predvsem lokacija in trajanje visokega zračnega pritiska, ima glavni vpliv na količino padavin in spremembe temperature po Evropi. Pomanjkanje padavin je značilno za območja visokega zračnega pritiska. Zahodna Evropa ima večinoma zmerno podnebje, na vzhodu celinsko in na južnem delu Evrope sredozemsko podnebje. V severni in zahodni Evropi prevladujejo močni pasovi zahodnih vetrov, ki se kot topli tropski vetrovi pomešajo s hladnim arktičnim vetrom vzdolž polarne fronte.

Nad Islandijo je v poletnem času značilen nizek zračni tlak, preko Azurne obale pa visok zračni tlak, ki se veča proti severu. V sredozemskem območju traja obdobje visokega zračnega tlaka od marca do oktobra. V zimskem času pa se anticiklon običajno nahaja nad Sibirijo. Sprememba v položaju, trajanju in intenzivnosti anticiklonov vodi k spremembam v kroženju zraka, s tem pa vpliva tudi na količino padavin in temperaturna odstopanja. Skupna značilnost evropskih suš je daljše trajanje visokega zračnega pritiska (EEA, 2001).

2.1.2 Pomanjkanje padavin

Pomanjkanje padavin je glavni razlog za sušne razmere in neposredno vpliva na zalogo vode v tleh, podzemnih vodah, rekah, jezerih, mokriščih. Jakost suše ni odvisna samo od količine pomanjkanja padavin, temveč je pomemben tudi njihov čas nastopa (Šebenik, 2011). Padavine so najbolj razširjen kazalnik za sušne razmere. Na mnogih postajah po vsej Evropi obstajajo dolgoročni padavinski zapisi, ki segajo celo v 17. stoletje.

Padavinski primanjkljaj je izražen kot količina padavin v izbranem obdobju, običajno v mesecih, sezoni ali hidrološkem letu, v primerjavi z dolgoletnim standardnim obdobjem. Problem tega indeksa je izbira praga, pod katerega lahko primanjkljaj pade, da prepoznamo pojav suše. Od decembra 1975 do julija 1976, je bilo npr. v severni in zahodni Franciji manj kot 40 % vseh povprečnih padavin v letu, v Veliki Britaniji pa v istem obdobju le 50 % povprečnih letnih padavin.

Jakost suše ni odvisna samo od velikosti primanjkljaja padavin, ampak je pomemben tudi čas nastopa padavin. Pomanjkanje padavin v zimskem in poletnem času ima lahko različne hidrološke vplive, ki so odvisni od stopnje zaloge vode v tleh. Thomsen (1993), ki je izdelal analizo za zimo (od oktobra do februarja) in poletje (od maja do septembra) na izbranih evropskih postajah od leta 1750 do leta 1989, je pokazal, da se v Evropi pojavljata obe vrsti suš. Padavine pozimi so ključnega pomena za ohranjanje zaloge vode v tleh in podzemnih vodah. V tem obdobju so izgube zaradi izhlapevanja zelo majhne, zato se lahko bogati podtalnica. Ker je podtalnica ena izmed glavnih virov podzemne vode, lahko premalo zimskih padavin povzroča težave pri nemoteni oskrbi s pitno vodo. Nasprotno pa poletno sušo pogosto spremljajo visoke temperature in visoka stopnja evapotranspiracije, ki imajo bolj neposreden vpliv na površinske vodne vire in jih tako tudi prizadenejo.

Suš v drugih obdobjih leta, npr. v rastni sezoni, lahko povzročijo ogromno škode v kmetijstvu. V Bolgariji je bilo npr. leta 1994 zelo malo padavin v obdobju od aprila do septembra, zato je bila proizvodnja koruze zelo opustošena. Suša spomladi povzroča pomanjkanje zalog vode in tako se v primeru sušnega poletja pojavijo težave pri dobavi vode. Trajanje primanjkljaja vode močno vpliva na resnost suše in njenega vpliva. Suša lahko traja tudi več let (EEA, 2001).

2.1.3 Temperatura

Temperatura je pomemben dejavnik pri pojavu suše tako poleti kot pozimi. Kašpárek and Novický (1997), sta s pomočjo fizično osnovanih modelov za preiskovanje vzorčnih dejavnikov suše v petih hidrološko različnih porečjih v Evropi našla letne vzorce temperature zraka na tem območju. Ugotovila sta, da je temperatura zraka ključni dejavnik pri določanju vrste suše na območju. Zimske suše povzroča temperatura zraka pod 0 °C. Padavine, ki padejo v obliki snega in ledu, ne bogatijo rek in vodonosnikov. Ko se temperature zraka začnejo dvigati, se sneg in led začneta taliti.

Zimskim sušam namenjamo manj pozornosti kot poletnim sušam, vendar se zelo pogosto pojavljajo v alpskih in celinskih delih Evrope. Poletne suše so običajno povezane z jasnim vremenom, soncem in visokimi temperaturami. To povečuje proces evapotranspiracije, zato je zelo malo poletnih padavin namenjenih za bogatenje zaloga vode.

Leta 1976 je bila npr. stopnja izhlapevanja v Veliki Britaniji podobna tistim, ki se običajno pojavljajo v Sredozemlju. Mnoge druge evropske suše so bile te vrste, vključno s sušo v Bolgariji leta 1992 in s temperaturo zraka med 32 in 37 °C. Leta 1995 je bila suša v Veliki Britaniji in na Irskem druga najvišja od leta 1659. Leta 1988 do 1990 je bilo za sušo v Italiji značilno povečanje povprečne temperature. V gorskih predelih Alp in Apeninov je bilo manj padavin v obliki snega, zato je bila količina snega manjša od povprečja (EEA, 2001).

Študije o suši, ki so jih naredili na Norveškem (Tallaksen in Hisdal, 1997) in v Nemčiji (Demuth in Heinrich, 1997) so pokazale razlike med poletnimi, zimskimi in mešanimi (se pojavijo kadarkoli) sušami. Analiza prostorske porazdelitve posamezne vrste suš na Poljskem je pokazala, da so zimske suše najbolj razširjene v gorskem območju južne Poljske in v gorovju Tatre. V mešanem obdobju so suše najpogostejše v hribovitih delih, medtem ko hude suše v poletnih mesecih prizadenejo predvsem nižinska območja. To se jasno odraža v temperaturnih razlikah, ki so povezane z nadmorsko višino. Študije v Nemčiji so pokazale, da so zimske suše bolj pogoste, vendar pa je čas trajanje poletnih suš daljši (EEA, 2001). Visoke temperature povzročajo dodaten stres za celoten ekosistem. Vroče vreme in suha zemljina ustvarita velike potrebe po vodi za namakanje. V času suše je potreba po vodi zelo velika, zato se pogostokrat pojavljajo konflikti med različnimi uporabniki vode. Na eni strani je velika človeška potreba po vodnih virih, na drugi strani pa ekološka. V sušnem obdobju je treba z vodo ravnati zelo preudarno in je ne uporabljati za namene, ki niso nujno potrebni (EEA, 2001).

2.1.4 Naravno zadrževanje vode

Vodo v naravi imamo v obliki zaloga vode v tleh, jezerih, rekah, mokriščih, zadrževalnikih, vodonosnikih. Naravna zaloga vode v tleh nam pomaga določiti vpliv pomanjkanja padavin. V času trajnega primanjkljaja padavin se pretoki zmanjšujejo, dokler niso v celoti sestavljeni iz baznega toka oziroma prispevka podzemne vode. Izkazalo se je, da je bazni odtok močno odvisen od hidrogeologije. Povirja s podobno geološko sestavo, imajo podoben odziv nizkih pretokov. Ti odnosi so bili najprej raziskani v Veliki Britaniji, kjer so ugotavljali odnos med značilnostmi nizkega pretoka rek in hidrološko klasifikacijo tal (Gustard in sod., 1992). V Nemčiji se za oceno baznega odtoka uporablja hidrogeološki indeks. Območja z umetnim

skladiščenjem vode, bogatenjem podtalnice, regulacijami ali reke z velikim številom pritokov, lahko vpliv suše prenesejo daljše obdobje, kot pa povsem naravna območja.

Zelo pomemben dejavnik, ki vpliva na zadrževalno sposobnost vode v porečju, je sestava tal. Zadrževalna sposobnost tal se spreminja glede na vrsto zemljine. Drobnozrnata tla in tla, bogata z organskimi snovmi lahko zadržijo več vode. Za rastline so tla z veliko zadrževalno sposobnostjo bistvenega pomena, saj lažje premagujejo sušo. Tla so marsikje že zelo spremenjena. Največji problem vseh obdelovalnih površin je izguba organske mase in spremenjena tekstura tal (Gaberšček in Urbanc-Berčič, 2003). Tako se spreminja njihova sposobnost zadrževanja vode in hranil. Dodaten vpliv pa ima tudi zbijanje tal, saj se v sodobnem kmetijstvu na obdelovalnih površinah uporablja težka kmetijska mehanizacija. Slika 2 nam prikazuje ekstremen primer zbijanja tal na kmetijskih površinah pri preveliki vlažnosti tal. V kolesnicah se zmanjša sposobnost tal za infiltracijo vode (Zbitost..., 2015).



Slika 2: Nastanek kolesnic zaradi prevelikega tlačenja in vlažnosti tal (Zbitost..., 2015)

Zaloga vode je pomemben dejavnik za sušo. Vroče poletje, ki mu je sledila suha zima, je imelo npr. velik vpliv na sušo leta 1976 v Veliki Britaniji. Podobno je bilo leta 1995, ko je poletni suši sledila suha pomlad.

Tudi tam, kjer obstajajo dolgoročno zadostne količine vodnih virov na nekem območju, moramo nameniti pozornost sezonskemu ali letnemu nihanju količine vode. Odločitve o uporabi vode temeljijo na viru, ki ga lahko pričakujemo v sušnem obdobju ali ob nizkem rečnem pretoku. Kazalnik tega je 90 % pretok (Q90%), ki predstavlja vodni vir, ki se lahko v povprečju uporabi 328 dni na leto. Q90% se uporablja za določitev omejitve stopnje odvzema vode iz vodotoka ali za določitev minimalnega pretoka.

2.1.5 Socialno - ekonomski dejavniki

Najbolj hude hidrološke suše se ne pojavijo vedno v območjih z najnižjimi efektivnimi padavinami. Evropa je bogata z vodnimi viri, vendar so ti zelo neenakomerno porazdeljeni. Povpraševanje po vodnih virih pogosto presega razpoložljivost. V območjih z visoko gostoto prebivalstva in v regijah, kjer je kmetijstvo odvisno od namakanja, vodni viri pogostokrat ne zadoščajo vsem potrebam. Nedavne suše so pokazale, kako socialno-ekonomski dejavniki vplivajo na povpraševanje po vodnih virih celo v najbolj vlažnih delih Evrope.

Spremembe v razporeditvi, gostoti prebivalstva in višji življenjski standard so ključni dejavniki, ki vplivajo na povpraševanje po vodnih virih. Populacija 15 držav Evropske unije se je od leta 1960 povečala za več kot 72 milijonov (EEA, 2001). Najvišja stopnja rasti se je pojavljala med letoma 1960 in 1980. Stopnja povečanja prebivalstva se je v večini držav ustalila v letih 1980-1990, vendar obstajajo znaki o naraščanju števila prebivalstva. Kljub bogatim vodnim virom, ima več kot polovica evropskih držav majhno razpoložljivost vode na prebivalca. Sem spadajo nekatere severno Evropske države (Danska, Nemčija in Velika Britanija) z zmerno količino padavin, vendar visoko gostoto prebivalstva. Na Češkem, Poljskem in Belgiji imajo težave, ker povpraševanje ni enakomerno porazdeljeno po vsej državi in je skoncentrirano okoli večjih urbanih središč. Več kot dve tretjini prebivalcev Evropske unije živi v urbanih območjih in naselij z manj kot 2.000 prebivalci je vedno manj. (EEA, 2001).

V sredozemskem območju je kmetijski sektor največji porabnik vode za namakanje. V Grčiji predstavlja 80 % celotnega povpraševanja po vodnih virih, v Italiji več kot 50 %, 68 % v Španiji in 52 % na Portugalskem (EEA, 2001). V severni Evropi pa se za namakanje porabi manj kot 10 % vode. V severni in vzhodni Evropi se namakanje uporablja za povečanje proizvodnje, medtem ko je v južni Evropi ta ukrep bistveni del kmetijske prakse.

Glavni porabniki vode v Evropi so hladilne vode (46 %), kmetijstvo (30 %), javni vodovod (14 %) in industrija (10 %). V dveh tretjinah držav je 80 % povpraševanja po vodnih virih zagotovljenega iz površinskih voda, preostanek pa iz podzemnih voda. V posameznih državah kot sta Danska in Islandija, je več kot 90 % odvzem iz podzemnih voda. Do nedavnega so se pojavljala predvsem vprašanja, kako pridobiti nove vire zaloge vode za naraščajoče povpraševanje, sedaj pa je velik poudarek na bolj učinkoviti rabi obstoječih virov za izboljšanje in varovanje vodnega okolja (EEA, 2001).

2.2 Človeški vplivi

Pri odpravljanju posledic suše se poraja vprašanje ali postajajo vse pogostejše in hujše. Sprememba rabe tal, podnebne spremembe, potreba po vodi, vplivajo na hidrološki režim in spreminjajo ranljivost območja na sušo. Pogostost suš se v različnih delih Evrope razlikuje. Obstajajo dokazi, da se z nekaterimi vplivi lahko poveča učinek na njih in nekateri izmed njih so: podnebne spremembe, potrebe po vodi in razpoložljivost vodnih virov, sprememba rabe tal in okoljska ozaveščenost (EEA, 2001).

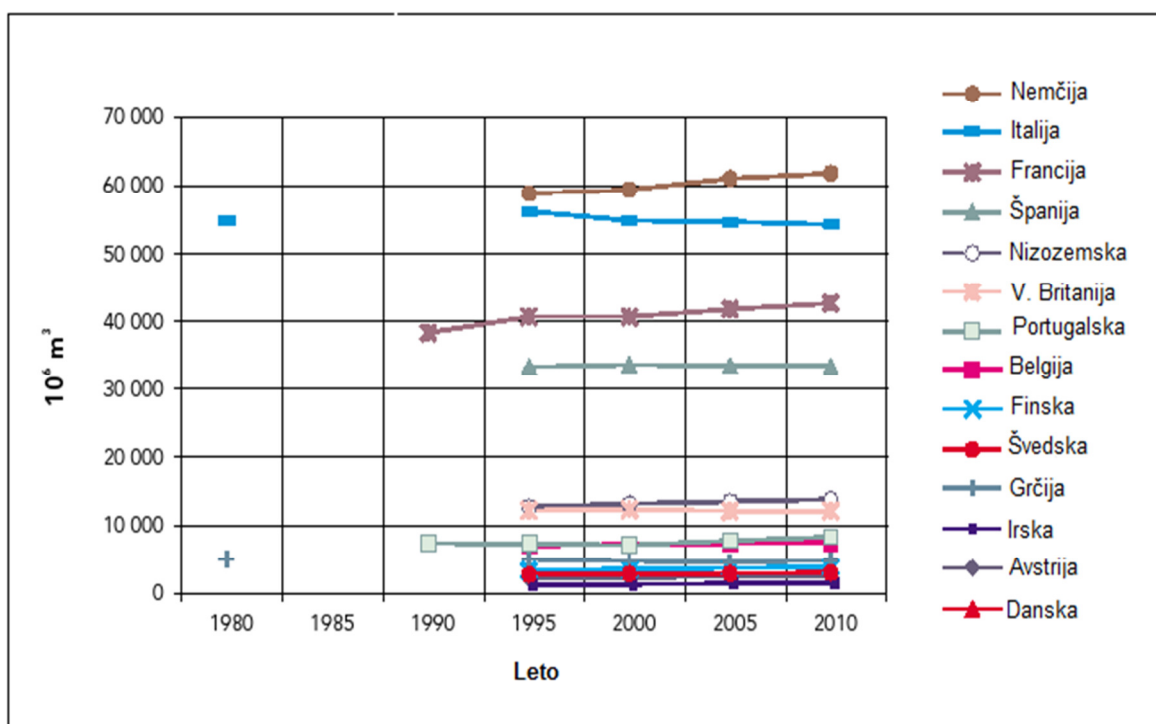
2.2.1 Podnebne spremembe

Vse več je dokazov, da se podnebje globalno spreminja. Narejena je bila ocena o možnih vplivih podnebnih sprememb na vodni režim, ki izhajajo iz modelov simulacije različnih scenarijev vpliva podnebnih sprememb. Na ta način lahko ocenimo tudi vplive na vodne vire. Raziskava o vplivih podnebnih sprememb v Evropi kaže, da naj bi se do leta 2050 letna količina padavin v severni Evropi povečala drugje pa zmanjšala. Temperatura zraka naj bi se povsod po Evropi zvišala, enako tudi potencialno izhlapevanje vode. Največja občutljivost na podnebne spremembe je bila ugotovljena za sušna območja južne in vzhodne Evrope, ekstremi pa naj bi se dogajali po celi Evropi. Rezultati so pokazali, da bo v srednji in vzhodni Evropi prišlo do sprememb v površinskem odtoku. Višje temperature bi lahko povzročile več zimskih padavin v obliki dežja, kar bo pomenilo večji površinski odtok v začetku leta in manjšega spomladi, ki je prej nastal zaradi taljenja snega v goratem svetu. V zelo mrzlih delih Evrope naj ne bi prišlo do očitnih sprememb v površinskem odtoku, saj bo na tem območju še vedno pogosto snežilo in s tem povzročilo večji odtok vode spomladi zaradi taljenja snega. V pomorskih regijah bo večja variabilnost površinskega odtoka z večjimi pretoki v zimskem času in manjšimi v poletnem obdobju (EEA, 2001).

Resnost suše bo ključnega pomena za evropsko kmetijstvo, industrijo in oskrbo z vodo. Študije, ki temeljijo na Palmerjevem indeksu, kažejo, da je Evropa v zadnjih letih doživela ekstremne razmere. Na eni strani sušna, na drugi pa zelo mokra obdobja. V Bolgariji se je npr. v zadnjem desetletju povečalo število sušnih obdobj. Nekateri raziskovalci trdijo, da so se padavine v Evropi postopno zmanjševale od leta 1963. Suša v Španiji od leta 1990 do 1995, naj bi le pokazala dolgoročni trend daljših sušnih obdobj (Pearce, 1996).

2.2.2 Potreba po vodi in razpoložljivost vodnih virov

Nedavne ocene trenda in povpraševanja po vodnih virih v Evropi so pokazale, da se stanje stabilizira. Od leta 1980 do leta 1995 se je odvzem vode iz površinskih in podzemnih voda vztrajno povečal. A v zadnjem obdobju so se razmere umirile, saj so uvedli številne ukrepe za varčno ravnanje z vodo, kot so: čiščenje vode, merjenje porabe vode, učinkovitejša in varčnejša uporaba naprav, ki rabijo vodo, zmanjšanje vodovodnih izgub ipd... Slika 3 prikazuje trend celotnega odvzema površinskih in podzemnih voda v 15 državah Evropske unije.



Slika 3: Prikaz celotne načrpane vode v območju EU-15 od leta 1980-2010 (EEA, 2001)

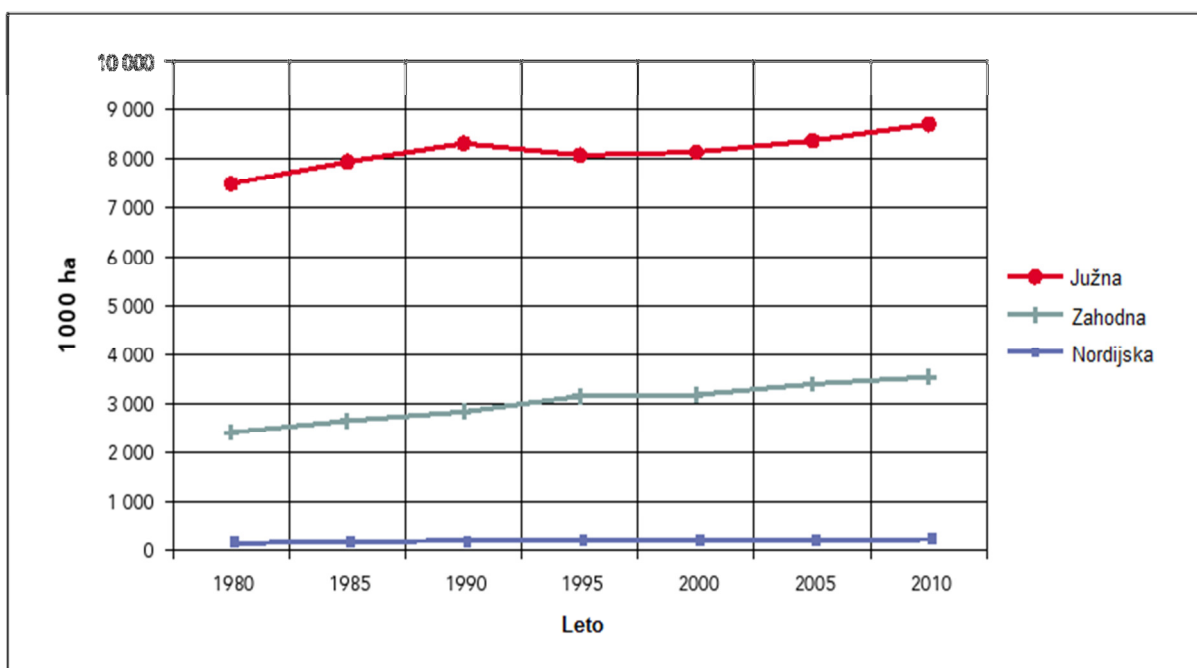
Suše se lahko pojavijo tudi na območjih, kjer je dovolj vodnih virov, a se v primeru sušnega obdobja poruši ravnotežje med ponudbo in povpraševanjem. V nekaterih severnih državah padec razpoložljivosti vode vodi k omejitvam uporabe za nekatere namene. Irska ima dovolj vode med sušnim obdobjem, vendar pa porazdelitev vodnih virov v državi ne sovпада s porazdelitvijo prebivalstva.

Turizem je nedvomno največji porabnik vode na lokalni ravni. Turistična dejavnost pomembno prispeva h gospodarstvu v večini Sredozemskih držav. Na teh območjih turizem še dodatno povečuje porabo vode. Tovrstni primeri so na sredozemskih otokih, Kanarskih otokih in številnih obalnih območjih v južnih državah Evrope. V slednjih uporabljajo množično

tudi namakalne sisteme, predvsem v poletnem času, ko je vrhunec turistične sezone. V naslednjih desetih letih se tukaj pričakuje povečanje namakalnih zemljišč (slika 4) (EEA, 2001).

Različne institucije vse bolj ozaveščajo javnost o smotrni porabi vode, saj vode ni v neomejenih količinah. Organizacija FAO je pozvala k varčevalnim tehnikam namakanja kmetijskih zemljišč, npr. kapljično namakanje. Predlagala je tudi gojenje kultur, ki so odpornejše na sušne razmere.

Obstajajo številni primeri v Evropi, ko so se zaradi prekomernega izkoriščanja vodnih virov poslabšale sušne razmere. To se je zgodilo predvsem z viri podzemne vode, ki vodijo k njenemu zniževanju. Ocenjuje se, da je 6 % površine vodonosnikov, ki so primerni za odvzem vode, preveč izkoriščenih. Preveč izkoriščena območja so tudi blizu velikih urbanih in industrijskih središč. Okoli 60 % evropskih mest z več kot 100.000 prebivalci se nahaja v bližini območij s prekomernim izkoriščanjem podzemne vode (EEA, 2001).



Slika 4: Letni razvoj namakalnih zemljišč v regijah EU (EEA, 2001)

Legenda: Južne države so Grčija, Španija, Italija in Portugalska. Zahodne države so Avstrija, Belgija, Danska, Nemčija, Francija, Irska, Luksemburg, Nizozemska in Velika Britanija. Nordijski državi sta Finska in Švedska.

2.2.3 Spremembe rabe tal

Vrsta rabe tal neposredno vpliva na zadrževalno sposobnost vode in s tem na odpornost suše na nekem območju. Pogozdovanje, čiščenje zemljišč, melioracije in intenzivno

kmetijstvo lahko spremenijo odpornost porečja na sušne razmere. Večina raziskav o vplivu rabe tal na površinski odtok je osredotočenih na poplave. Raba tal nam določa koeficient odtoka. Stopnja izhlapevanja je odvisna od podnebja, vrste pridelka, gostote sejanja, fizikalnih lastnosti zemljine in količine vode, ki je namenjena za namakanje (EEA, 2001).

V Evropi je okoli 42 % kmetijskih zemljišč (24 % obdelovalnih površin, 16 % trajnih pridelkov in 2 % travnikov), 33 % gozda in 1 % mestnih zemljišč (EEA, 2001). Evropska kmetijska politika se je zavezala k povečevanju gozdnatih površin. V zadnjih 30 letih se je v celotni Evropi gozd povečal za okoli 10 %, 2 % kmetijskih zemljišč pa se vsako desetletje izgubi z urbanizacijo. Gozd zmanjša površinski odtok na porečju, saj prestreže padavine in poveča izhlapevanje. To povzroča suha tla in s tem poveča občutljivost na sušo. Te spremembe bodo imele pomemben vpliv na vodni režim na lokalni ravni. Urbanizacija privede do povečanja površinskega odtoka in zmanjšanja infiltracije. Tudi erozija tal zmanjšuje infiltracijo in poveča občutljivost na sušo (EEA, 2001).

2.2.4 Okoljska ozaveščenost

Nedavne suše so povečale ozaveščenost o ranljivosti vodnih virov na mnogih območjih. Za ohranjanje reke kot vira za uporabo vode, se omogoči dovoljenje za odvzem. Dovoljenja se dodelijo z omejitvijo, da se vodne vire zaščitijo v času suše. Ta ukrep in ostali ukrepi, na primer nadomeščanje vode iz zbiralnikov, bodo zmanjšali pritisk na rečni pretok in bazni odtok za daljše časovno obdobje (EEA, 2001).

2.3 Vrste suš

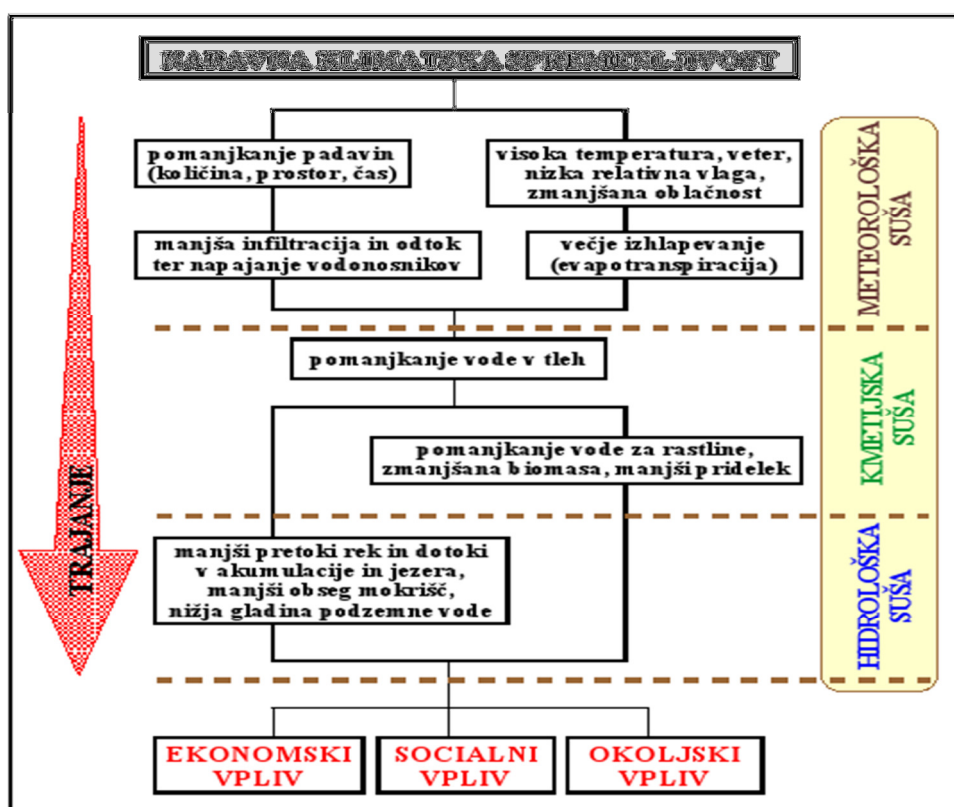
Suša je pojav, ko se zaradi pomanjkanja ali nezadostne količine padavin v daljšem obdobju pojavi znatno hidrološko neravnovesje. Posledice neravnovesja so pomanjkanje vode, manjši pridelek, bistveno manjši pretoki vodotokov, znižana gladina podzemne vode in majhna talna vlaga. Nastane takrat, ko sta izhlapevanje vode in transpiracija, ki je proces gibanja vode skozi rastlino v zrak, v daljšem časovnem obdobju, večja od padavin (Sušnik in sod., 2013).

Pri suši v splošnem lahko ovrednotimo štiri vidike, ki so odvisni od trajanja obdobja brez padavin:

- Meteorološki vidik, ki ga opisuje podaljšano obdobje s pomanjkanjem padavin in je pogosto definiran kot zmanjšanje števila dni s padavinami v primerjavi z referenčnim obdobjem;

- Hidrološki vidik, ki opisuje zmanjšanje količine vode v rekah, jezerih in vodonosnikih;
- Kmetijski vidik, ki predstavlja nezadostno količino vode v tleh, ki jo kmetijske rastline potrebujejo za normalen razvoj.
- Socialno-ekonomski vidik, ki predstavlja ranljivost vseh družb do tega naravnega pojava in zahteve ljudi po oskrbi z vodo (Kobold in Sušnik, 2003). Soodvisnost družbe in okolja na prizadetem območju je osnova za razumevanje pojava suše (Kemp, 1990).

Razporeditev in medsebojni odnos suš in prispevek posameznega tipa suše k okoljskim, socialnim in ekonomskim učinkom suše je prikazan na sliki 5 (Kobold in Sušnik, 2003). Suše so razdeljene v tri glavne skupine: meteorološka suša, kmetijska suša in hidrološka suša. Ta delitev predstavlja stopnjevanje pogostnosti, jakosti in trajanja suše (Sušnik, 2006).



Slika 5: Odnos med posameznimi vrstami suše in trajanjem sušnega dogodka (Kobold in Sušnik, 2003; Šebenik, 2011)

Za meteorološko sušo je značilno pomanjkanje padavin, povezano z nadpovprečno visoko temperaturo zraka, vetrom in nizko relativno vlažnostjo. Vse to ima za posledico manjšo infiltracijo, odtok, večje izhlapevanje in manjše napajanje vodonosnikov. Kmetijski sektor je prvi, ki ga suša prizadene zaradi pomanjkanja vlage v tleh, saj to pomeni pomanjkanje vode za rastline, posledica tega pa je manjši pridelek. Če se pomanjkanje padavin nadaljuje, so prizadeti še drugi viri (jezera, vodotoki, gladina podzemne vode). Pomanjkanje vode ima

vpliv tudi na področja, kot sta oskrba z vodo in energetika. Ko ljudje občutijo pomanjkanje vode kot dobrine, govorimo o ekonomskih in socialnih vplivih. Socialno-ekonomski vpliv se pokaže takrat, ko je potreba po ekonomskih dobrinah zaradi posledic meteorološke, kmetijske in hidrološke suše večja od oskrbe le-teh (Kobold in Sušnik, 2003).

2.3.1 Meteorološka suša

Meteorološko sušo običajno definirajo na podlagi stopnje suhosti in trajanja obdobja brez padavin (Wilhite in Glantz, 1985). Po navadi je definirana s stopnjo primanjkljaja padavin (v primerjavi z neko povprečno vrednostjo) in trajanjem sušnega obdobja. Nekatere definicije sušo opisujejo glede na število dni, ko je količina padavin manjša od vnaprej določenega nivoja.

Meteorološka suša je povezana z nadpovprečno visokimi temperaturami zraka, vetrom, nizko relativno vlago. Najpogosteje nastopi na območjih, ki so bolj ranljiva za nastanek suš, na to pa vplivajo pa različni neposredni ali posredni dejavniki (Kikec, 2005). Ta tip suše je pogosto obravnavan kot kratkotrajen, saj kasneje napreduje v kmetijsko sušo. Vendar tega ne moremo z gotovostjo trditi, saj so suše lahko zelo kompleksne in lahko več tipov suš deluje hkrati (Suša..., 2012).

2.3.2 Kmetijska suša

Suša v kmetijstvu se nanaša na situacijo, ko je v tleh premalo vlage, da bi ta zadostila potrebam rastlin za normalen razvoj. Predstavlja kombinacijo meteorološke in hidrološke suše. Kadar nastopi v intenzivnem ravnem obdobju, je pridelek zmanjšan ali pa celo uničen. Potreba rastline po vodi je odvisna od podnebnih razmer, bioloških značilnosti rastline, njene stopnje rasti ter fizičnih in bioloških značilnosti tal (Wilhite in Glantz, 1985; Šebenik, 2011). Sušo lažje premagujejo tla z večjo sposobnostjo zadrževanja talne vode, kot pa tla z zmanjšano retenzijsko kapaciteto tal. Tako meteorološko kot kmetijsko sušo težko določimo. Spremembe so težko opredeljive in jih pogosto ne zaznamo takoj. Sušo lahko opazimo s porumenelim rastlinstvom (slika 6), vendar ga pogosto pripišemo različnim škodljivcem ali kateri izmed bolezni, ki vplivajo na kmetijske rastline (Suša..., 2012). Posledice kmetijske suše se lahko odražajo z visokimi cenami hrane.

Najpogostejši pristop k suši kot naravni nesreči je popis škode, ki je pri tem nastala in njena sanacija. Ukrepi so večinoma kurativnega značaja. Vsekakor primanjkuje preventive, ki bi

nekoliko zmanjšala posledice suše. Pri tem mislimo na preproste ukrepe, ki izhajajo iz tradicije pridelovanja poljščin in namakalni sistemi (Jelen, 2013).



Slika 6: Porumeneli listi posušene koruze na pomurskem (Škoda..., 2012)

2.3.3 Hidrološka suša

Hidrološka suša nastane zaradi dolgotrajnega pomanjkanja padavin in porasta povprečne letne temperature zraka ter z njo povezanega večjega izhlapevanja vode. Posledice tega so zmanjšanja pretokov (slika 7) in znižanja nivoja vode v jezerih, vodotokih, naravnih in umetnih zadrževalnikih ter podzemnih vodah (Mikoš in sod., 2003). Pojavlja se v daljšem časovnem obdobju kot meteorološka ali kmetijska suša. Pomanjkanje površinskih in podzemnih zalog vode sta tesno povezana z nizkimi pretoki, nista pa ekvivalentna. Suša vsebuje dogodke nizkih pretokov, toda en sam dogodek nizkega pretoka nujno ne predstavlja suše. Nizki pretoki lahko nastopijo v različnih obdobjih leta z različnimi trajanji (Kobold in sod., 2000). Hidrološka suša podzemnih voda je definirana kot stanje, ko so gladine pod nizkim letnim povprečjem. Običajno se pojavi zadnja in se zadnja tudi konča (Šebenik, 2011).



Slika 7: Suha rečna struga na primorskem (Na obali..., 2012)

3 STANDARDIZIRANI PADAVINSKI INDEKS (SPI)

3.1 Uvod

Obstajajo različni kazalniki, ki določajo sušnost in se računajo s pomočjo različnih okoljskih spremenljivk. Med seboj se razlikujejo glede na potrebne vhodne podatke in načine izračuna (Marrachi, 2000). Eden od pogosteje uporabljenih sušnih indeksov je standardizirani padavinski indeks, za katerega potrebujemo le podatke o količini padavin za dovolj dolgo obdobje (vsaj 30-letni padavinski niz podatkov). V praksi se je namreč pokazalo, da so za izračun najbolj uporabni tisti indeksi, katerih vhodni podatki predstavljajo le padavine, saj imamo za te običajno dolg niz meritev. Pojav suše je v največji meri odvisen od pomanjkanja padavin glede na dolgoletno povprečje (Izzivi Slovenije..., 2010).

SPI je primerno orodje za operativno, regionalno in mednarodno primerljivo definicijo suše. Prikaže nam, za koliko v izbranem obdobju padavine odstopajo od povprečja na nekem območju. Vrednosti indeksa SPI nad 0 kažejo bolj mokra obdobja, vrednosti pod 0 pa bolj suha. SPI je bil narejen z namenom, da bi lahko izmerili presežke oz. primanjkljaje na različnih časovnih skalah, vendar naj le te ne bi bile krajše od enega meseca (Gregorič in Ceglar, 2007).

Na pobudo Svetovne meteorološke organizacije so leta 2009 strokovnjaki iz vseh regij sveta predlagali, da se za spremljanje meteorološke suše kot univerzalni kazalec uporablja standardiziran padavinski indeks, ki je danes najbolj razširjen in uporabljen indeks na svetu (Izzivi Slovenije..., 2010).

Akinremi in sod. (1996) so ugotovili, da predstavljajo časovne in prostorske dimenzije suše glavni problem pri razvijanju primerne sušnega indeksa. SPI izpolnjuje oboje. Normaliziran je glede na lokacijo postaje, ker razloži frekvenčno porazdelitev padavin in spremljajočo variabilnost na sami postaji. Normaliziran pa je tudi v času, ker ga lahko izračunamo na različnih časovnih skalah, zaradi česar lahko bolje opredelimo začetek, trajanje ter intenziteto suše.

Glavni prednosti SPI indeksa sta torej njegova standardizirana narava in možnost izračuna za različna časovna obdobja. To nam omogoča, da so frekvence sušnih dogodkov na katerikoli lokaciji ter za katerokoli časovno obdobje med seboj primerljive (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008).

Hayes in sod. (1999) so ugotovili prednosti in pomanjkljivosti indeksa SPI. Prednosti indeksa so:

- Glavna prednost je enostavnost uporabe indeksa. SPI temelji le na padavinskih nizih ter zahteva izračun samo 2 parametrov v primerjavi z npr. Palmerjevim indeksom jakosti suše, ki jih zahteva 68;
- Uporabnost indeksa v zimskem in poletnem času, ker ni odvisen od parametrov vlažnosti tal;
- Topografija nima neugodnega vpliva na indeks;
- Različne časovne skale nam omogočajo opis sušnih razmer za meteorološke, hidrološke in kmetijske namene;
- Standardizacija indeksa SPI omogoča, da so frekvence ekstremnih sušnih dogodkov na katerikoli lokaciji ter katerikoli časovni skali med seboj primerljive.

SPI pa ima tudi pomanjkljivosti:

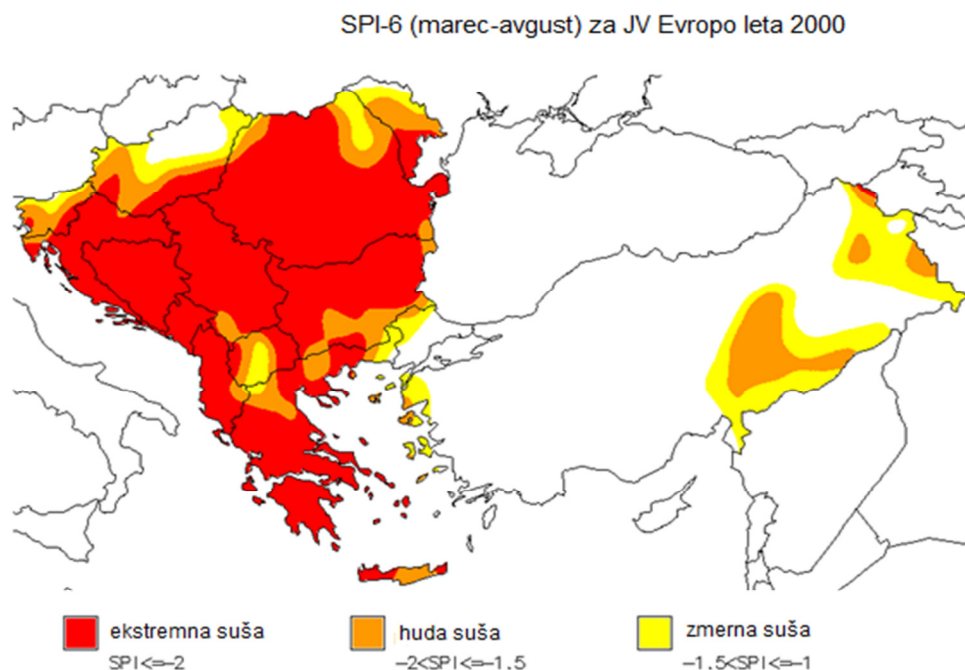
- teoretična porazdelitev padavin, ki zahteva določeno količino kvalitetnih podatkov (vsaj 30 letni padavinski niz podatkov za določitev parametrov gama porazdelitve);
- SPI ni zmožen identificirati območij, ki so bolj nagnjena ekstremnim sušam;
- manj uporaben na krajših časovnih skalah (1-3 mesecev) na območjih, kjer je sezonska količina padavin majhna.

Lloyd-Hughes in Saunders (2002a) sta ugotovila, da SPI pripeva k boljši prostorski standardizaciji, kot Palmerjev indeks sušnosti. Na Madžarskem je uporaba SPI pokazala, da je indeks na različnih časovnih skalah sposoben identificirati vse vrste suš (Szalai in Szinnel, 2000). V projektnih raziskavah so SPI uspešno uporabili v Mehiki, Kostariki, Turčiji, Argentini, Čilu, na Madžarskem, Južni Afriki ter Keniji (NMDC, 2007). Študije o sušah v Evropi so pokazale, da je SPI preprosto in učinkovito sredstvo za ugotavljanje suše v Evropi (Lloyd-Hughes in Saunders, 2002a). Trenutno je eno najpogosteje uporabljenih orodij za monitoring suše v svetu (Bokal, 2010).

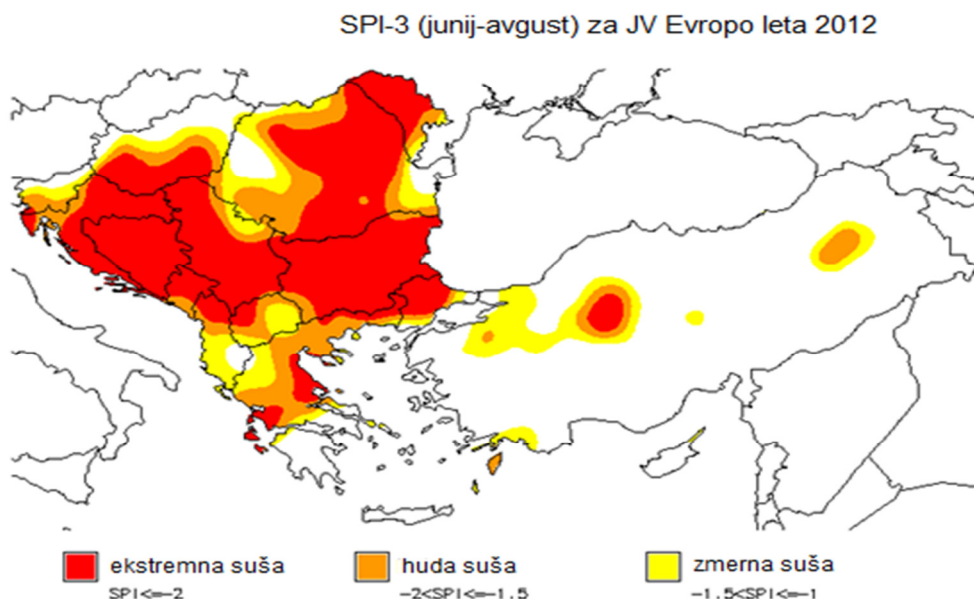
Indeks SPI uporabljajo tudi na Nacionalnem centru za zmanjševanje suše na Univerzi v Nebraski (National Drought Mitigation centre), kjer uporabljajo izdelavo mesečnih SPI kart za določitev suše po Agnew-u (Sušnik, 2006). Prav tako je indeks SPI eden izmed osnovnih orodij za monitoring suše na novo ustanovljenem Centru za upravljanje s sušo v jugovzhodni Evropi (Drought Management Centre for Southeast Europe - DMCSEE). Bistvena naloga samega centra je izboljšati pripravljenost na sušo in zmanjšati njene vplive, pri tem pa bo potrebno vzpostaviti enoten pristop na celotnem območju. DMCSEE poleg šestih držav EU (Bolgarija, Grčija, Madžarska, Romunija, Hrvaška in Slovenija) vključuje še sedem držav

izven EU (Albanija, Bosna in Hercegovina, Makedonija, Moldavija, Turčija, Črna Gora in Srbija). Vse vključene države, ki so pristopile k projektu, so sofinancirane iz programa transnacionalnega sodelovanja Jugovzhodna Evropa. Projekt bo nadaljeval s pridobivanjem manjkajočih regionalnih podatkov o stanju in vplivu suše na območju. Z uporabo skupne metodologije pri analizi suše in vrednotenju njenih vplivov bo center pridobil regionalno primerljive rezultate (DMCSEE, 2015). Poznavanje problema suše v regiji se bo tako izboljšalo in s tem omogočilo boljše upravljanje s tveganji.

Vzpostavili so tudi sistem spremljanja suše z izdelavo mesečnih kart za standardiziran padavinski indeks za določeno časovno obdobje (slika 8 in slika 9) (Šebenik, 2012).



Slika 8: Vrednosti SPI6 (marec-avgust) za JV Evropo v letu 2000 (DMCSEE, 2016)



Slika 9: Vrednosti SPI3 (junij-avgust) za JV Evropo v letu 2012 (DMCSEE, 2016)

3.2 Izračun standardiziranega padavinskega indeksa (SPI)

SPI je bil razvit v ameriški zvezni državi Kolorado kot relativno preprost meteorološki indeks, uporaben za ovrednotenje primanjkljaja oz. presežka padavin na različnih časovnih skalah. Različne časovne skale nam omogočajo določiti vpliv padavinskega primanjkljaja oz. presežka na vlažnost tal, pretok rek, zalogo podtalne vode (McKee in sod., 1993). Standardiziran padavinski indeks (SPI) nam omogoča določevanje pogostosti ekstremno mokrih oz. sušnih dogodkov na določeni časovni skali za katerokoli lokacijo, ki ima arhiviran padavinski niz podatkov (Gregorič in Ceglar, 2007). Preprost izračun indeksa na različnih časovnih skalah daje indeksu vsestransko uporabo pri spremljanju stanja vodnih virov (Hayes in sod., 1999). Padavine predstavljajo edini vhodni podatek za izračun indeksa SPI. Sicer samo podatki o količini padavin sušnih razmer ne odražajo najbolje, služijo pa kot strokovna rešitev na območjih, kjer drugih podatkov ni (Tate in Gustard, 2000).

SPI predstavlja število standardnih odklonov količine padavin od dolgoletnega povprečja v časovnem obdobju za normalno porazdeljene padavine. Te praviloma niso normalno porazdeljene, zato je pri izračunu indeksa potrebno najprej poiskati primerno teoretično porazdelitev. Za izračun indeksa SPI najprej določimo gostoto verjetnosti, s katero opišemo pretekli niz padavin. Gostota verjetnosti opiše verjetnostno porazdelitev zvezne slučajne spremenljivke (Turk, 2011). Ko je gostota verjetnosti določena, se izračuna porazdelitvena funkcija, ki se potem še normalizira. Rezultat je vrednost indeksa SPI, ki je v bistvu enostavna pretvorba časovnega niza padavin v standardizirano normalno porazdelitev (Z-porazdelitev), ki predstavlja porazdelitev, pri kateri je pričakovana vrednost enaka nič,

varianca pa enaka ena (Turk, 2011). Indeks se izračunava za različna časovna obdobja: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24, 30, 36, 48, 60 in 72 mesecev (Sušnik, 2006).

Pri pretvorbi mesečnega časovnega niza se lahko uporabljajo različne statistične porazdelitve. Thom (1966) je uporabil gama porazdelitev, (empirično se dobro približa normalni porazdelitvi), ki pa ni definirana za vrednost 0. V sušnem obdobju se lahko zgodi, da ne pade nič padavin, zato je potrebno gama porazdelitev ustrezno modificirati in nato kumulativno vrednost v porazdelitvi transformirati na normalno porazdelitev (Gregorič in Ceglar, 2007).

Gama porazdelitev zvezne slučajne spremenljivke X , je opredeljena z njeno frekvenco ali gostoto verjetnosti (Edwards, 1997):

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \quad (1)$$

kjer je:

- | | |
|--------------|--|
| $\alpha > 0$ | α je oblikovni parameter |
| $\beta > 0$ | β parameter definira časovno skalo |
| $x > 0$ | x predstavlja količino padavin |

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

$\Gamma(\alpha)$ je funkcija gama.

Funkcija $\Gamma(\alpha)$ je vključena v funkciji gostote verjetnosti.

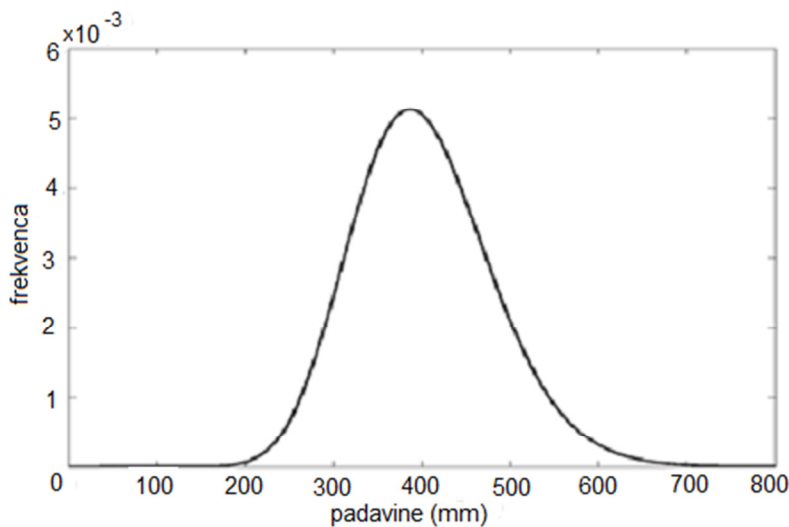
V naslednjem koraku je potrebno poiskati ustrezna parametra gama porazdelitve α in β po metodi največjega verjetja tako, da se gostota verjetnosti (enačba 1) najbolje ujema s porazdelitvijo padavin. Določiti želimo take ocene parametrov α in β , da bo verjetnost, da se je zgodil vzorec največja. Ocene parametrov določimo z uporabo verjetnostne funkcije pri diskretnih slučajnih spremenljivkah in gostoto verjetnosti pri zveznih slučajnih spremenljivkah. Pri zveznih slučajnih spremenljivkah je verjetnost, da se zgodi nek točno določen vzorec, enaka nič. Zato funkcijo verjetja zapišemo v odvisnosti od gostote verjetnosti in rečemo, da moramo določiti take ocene, da bo gostota verjetnosti pri danih vrednostih vzorca največja (Thom, 1966; Turk, 2011).

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (2)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}}, \quad (3)$$

kjer za n opazovanj A predstavlja:

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}. \quad (4)$$



Slika 10: Porazdelitev količine padavin za trimesečno obdobje (junij, julij, avgust) za Ljubljano (obdobje 1961-2000) (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008)

Slika 10 prikazuje primer gostote gama porazdelitve s parametroma $\hat{\alpha} = 26$ ter $\hat{\beta} = 16$ za postajo Ljubljana-Bežigrad za trimesečno vsoto padavin (junij-avgust) za obdobje med leti 1961 in 2000.

Parametra $\hat{\alpha}$ in $\hat{\beta}$ nato uporabimo za iskanje porazdelitvene funkcije za opazovan padavinski dogodek za dani mesec v letu in izbrano časovno skalo za posamezno postajo (Edwards, 1997). Porazdelitveno funkcijo izračunamo kot:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}} e^{-x/\hat{\beta}} dx \quad (5)$$

V enačbi porazdelitvene funkcije lahko $x/\hat{\beta}$ zamenjamo s t , tako da postane gama funkcija $G_x(x)$ nepopolna:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (6)$$

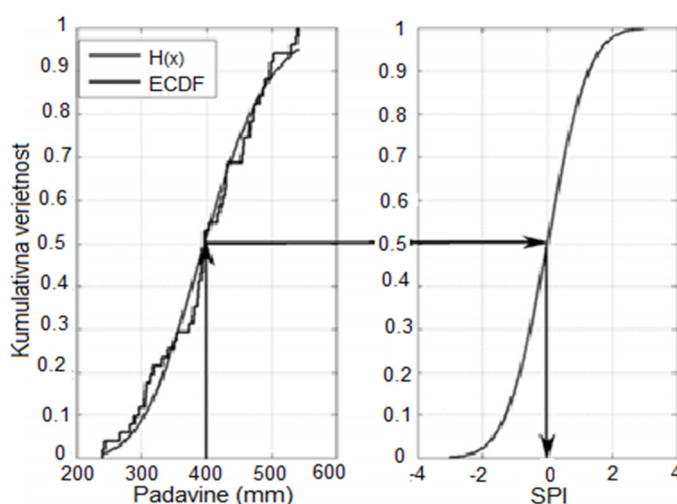
Porazdelitev gama ni definirana za $x=0$, kar pomeni, da v izbranem obdobju pade nič padavin, kar se pri obravnavi suše seveda lahko zgodi. Porazdelitveno funkcijo zato zapišemo kot:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x), \quad (7)$$

kjer q predstavlja verjetnost, da ni padavin ($x=0$). Če je m število padavinskih dogodkov brez padavin ($x=0$) v posameznem časovnem obdobju, verjetnost q zapišemo kot:

$$q = m/n. \quad (8)$$

Nadalje porazdelitveno funkcijo transformiramo v standardizirano normalno slučajno spremenljivko Z s povprečjem 0 ter varianco 1, kar nato predstavlja vrednost indeksa SPI (Panofsky in Brier, 1958). Na sliki 11 je prikazana uporaba metode s transformacijo padavinske porazdelitve trimesečne vsote padavin (junij-avgust) za Ljubljano-Bežigrad za obdobje 1961-2000 (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008).



Slika 11: Primer pretvorbe vsote padavin v vrednost indeksa SPI za trimesečno vsoto padavin (junij, julij, avgust) za Ljubljano (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008)

Lomljena črta na levem grafu (slika 11) predstavlja empirično porazdelitveno funkcijo za trimesečno vsoto padavin (junij-avgust) v obdobju 1961-2000. Izračunana je bila po Weibullovi empirični porazdelitvi:

$$F_n = \frac{m}{N+1}, \quad (9)$$

kjer je m mesto elementa x v ranžirni vrsti in N število elementov vzorca. Z enačbo (9) določimo porazdelitveno funkcijo oz. verjetnost posameznega podatka in poizkušamo poiskati teoretično porazdelitev, ki se mu najbolj prilega (Brilly in Šraj, 2005). Gladka krivulja na levem grafu predstavlja kumulativno verjetnostno porazdelitev $H(x)$, ki se danemu vzorcu najbolj prilega (v tem primeru porazdelitev gama). Krivulja na desnem grafu pa predstavlja kumulativno verjetnostno porazdelitev standardizirane normalne porazdelitve. Vrednost indeksa SPI odčitamo na x osi na desnem grafu, kot kaže vrisana puščica (slika 11). V tem primeru je za vsoto padavin 400 mm vrednost indeksa okrog 0.

V preglednici 2 je navedena SPI razvrstitev suše in stopnja verjetnosti pojava suše, ki izhaja iz funkcije normalne verjetnostne porazdelitve. Na podlagi analiz, ki so bile narejene v Združenih državah Amerike so ugotovili, da je verjetnost pojava blage suše na določeni lokaciji 24 %, zmerne suše 9,2 %, hude suše 4,4 %, ekstremne suše pa imajo verjetnost 2,3 % (Lloyd-Hughes, 2002b).

Preglednica 2: Klasifikacija suše ter pripadajoča verjetnost za pojav sušnega dogodka pri SPI (Lloyd-Hughes, 2002b; Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008)

SPI	Klasifikacija	Verjetnost (%)
2,00 ali več	ekstremno mokro	2,3
1,50 do 1,99	zelo mokro	4,4
1,00 do 1,49	zmerno mokro	9,2
0,00 do 0,99	normalno	34,1
0,00 do -0,99	normalno	34,1
-1,00 do -1,49	zmerna suša	9,2
-1,50 do -1,99	huda suša	4,4
-2 ali manj	ekstremna suša	2,3

Če je npr. vrednost indeksa SPI2 za mesec julij leta 1992 enaka -2,5, to pomeni, da je bila količina padavin v juniju in juliju 1992 mnogo manjša od dolgoletnega povprečja primerjalnega obdobja. Ko pa je vrednost indeksa SPI2 za julij enaka +1,5, pomeni, da je bila količina padavin v juniju in juliju bistveno večja od povprečja primerjalnega obdobja.

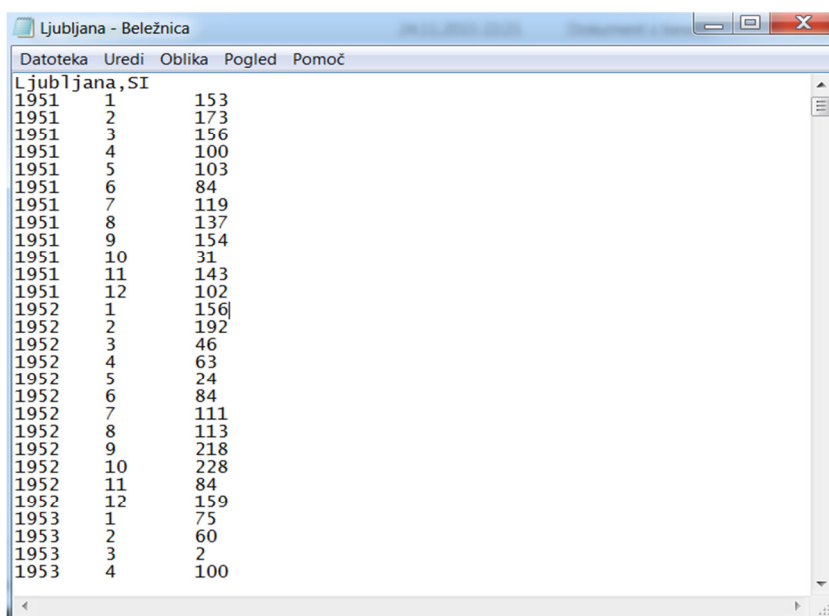
McKee in sod. (1993) so določili tudi kriterij za začetek in konec sušnega dogodka. Posamezen sušni dogodek se začne, ko je vrednost SPI neprekinjeno negativna ter pade pod vrednost -1 ali manj. Dogodek traja toliko časa, dokler se vrednost SPI ne dvigne nad vrednost 0. Intenziteta sušnega dogodka je določena z najnižjo doseženo vrednostjo indeksa v tem obdobju.

V praksi se izredno redko pojavljajo vrednosti SPI indeksa večje od +3,00 ali manjše od -3,00, čeprav so vrednosti teoretično neomejene (Giddings in sod., 2005; Šebenik, 2012).

3.3 Izračun indeksa SPI z računalniškim programom

Vrednosti SPI indeksa za izbrano obdobje smo izračunali s pomočjo programa, ki je prosto dostopen na spletni strani ameriškega Nacionalnega centra za upravljanje s sušo (NDMC) (Program to Calculate Standardised Precipitation Index, 2015). Program za izračun indeksa SPI uporablja dvoparametersko gama porazdelitev in je relativno enostaven za uporabo. Edini vhodni podatek predstavljajo mesečne padavine, ki pa morajo biti daljše od 30-letnega obdobja.

Vhodne datoteke morajo biti zapisane v treh stolpcih (leto, mesec in vrednosti mesečnih padavin) (slika 12). V glavi datoteke navadno napišemo ime padavinske postaje, sicer program prikaže prazno vrstico v izhodni datoteki. Skupne mesečne padavine morajo biti cela števila (brez decimalnih vejic), zapisane v milimetrih ali palcih. Pozorni moramo biti na razmik stolpcev in manjkajoče podatke v vhodni datoteki. Vrednost 0 pomeni, da je bila skupna mesečna vsota padavin nič.

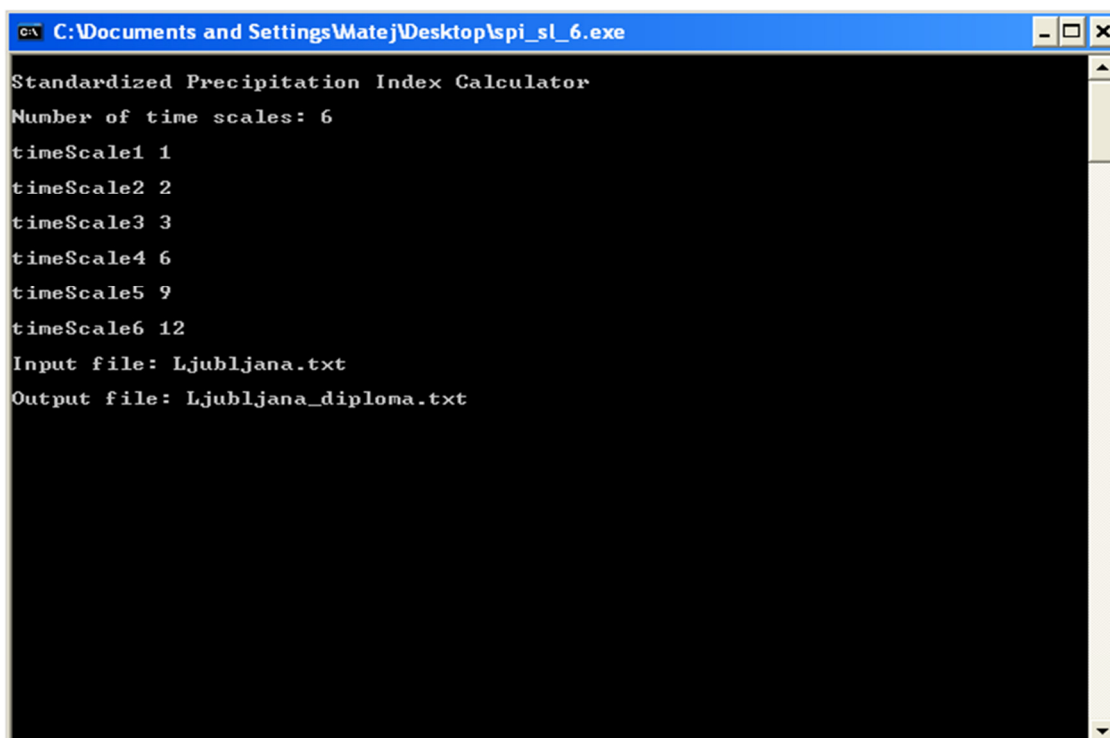


Datoteka	Uredi	Oblika	Pogled	Pomoč
Ljubljana, SI				
1951	1	153		
1951	2	173		
1951	3	156		
1951	4	100		
1951	5	103		
1951	6	84		
1951	7	119		
1951	8	137		
1951	9	154		
1951	10	31		
1951	11	143		
1951	12	102		
1952	1	156		
1952	2	192		
1952	3	46		
1952	4	63		
1952	5	24		
1952	6	84		
1952	7	111		
1952	8	113		
1952	9	218		
1952	10	228		
1952	11	84		
1952	12	159		
1953	1	75		
1953	2	60		
1953	3	2		
1953	4	100		

Slika 12: Vhodni podatki prikazani v tekstovni datoteki (txt) za padavinsko postajo Ljubljana.

Pred začetkom izračuna je potrebno izbrati število časovnih skal, ki jih bo program izračunal hkrati, v naslednjem koraku pa navesti te skale (slika 13). Program dovoljuje izračun na šestih različnih časovnih skalah hkrati, ne smejo pa biti daljše od dvanajstmesečne časovne

skale. Na koncu je potrebno vnesti še ime vhodne in izhodne datoteke. Priporočljivo je, da se sprejme tak sistem poimenovanja, da ga bo program dobro zaznal in ločil od nadaljnjih izračunov. V imenih datotek program ne dovoljuje uporabe šumnikov.



```
C:\Documents and Settings\Matej\Desktop\sipi_sl_6.exe
Standardized Precipitation Index Calculator
Number of time scales: 6
timeScale1 1
timeScale2 2
timeScale3 3
timeScale4 6
timeScale5 9
timeScale6 12
Input file: Ljubljana.txt
Output file: Ljubljana_diploma.txt
```

Slika 13: Primer vhodnega okna programa za izračun na šestih časovnih skalah (1, 2, 3, 6, 9, 12 mesečna časovna skala)

Primer izhodne datoteke je prikazan na sliki 14. Prvi in drugi stolpec prikazujeta leto in mesec, ko je bila meritev zabeležena. Tretji, četrti, peti, šesti, sedmi in osmi stolpec pa prikazujejo izračunane vrednosti indeksa SPI za posamezno časovno skalo. Vrednosti -99 v izhodni datoteki pomenijo, da se izračun ni dal izvesti. Na primeru devetmesečne časovne skale imamo v prvih osmih mesecih vrednost -99, saj se izračun SPI9 začne z devetim mesecem (slika 14). Podobno imamo na dvanajstmesečni časovni skali v prvih enajstih vrsticah vrednost -99.

Ljubljana, SI							
1951	1	1.28	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
1951	2	1.32	1.48	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
1951	3	1.07	1.63	1.76	-99.00	-99.00	-99.00
1951	4	0.10	0.93	1.59	-99.00	-99.00	-99.00
1951	5	-0.04	-0.13	0.64	-99.00	-99.00	-99.00
1951	6	-1.08	-0.83	-0.77	1.16	-99.00	-99.00
1951	7	0.08	-0.81	-0.79	0.70	-99.00	-99.00
1951	8	0.18	0.07	-0.64	0.02	-99.00	-99.00
1951	9	0.31	0.24	0.17	-0.48	1.02	-99.00
1951	10	-1.29	-0.73	-0.72	-1.35	-0.02	-99.00
1951	11	0.32	-0.82	-0.53	-0.96	-0.55	-99.00
1951	12	0.11	0.19	-0.74	-0.54	-0.98	0.44
1952	1	1.32	0.95	0.83	0.06	-0.41	0.50
1952	2	1.50	1.61	1.51	0.68	0.34	0.56
1952	3	-0.51	0.85	1.23	0.41	0.41	0.00
1952	4	-0.71	-1.27	0.38	0.84	0.21	-0.21
1952	5	-2.34	-2.48	-2.36	0.16	-0.31	-0.63
1952	6	-1.08	-2.29	-2.56	-0.24	-0.80	-0.64
1952	7	-0.07	-0.94	-2.07	-1.08	-0.23	-0.67
1952	8	-0.21	-0.39	-1.08	-2.23	-0.44	-0.76
1952	9	1.02	0.63	0.49	-1.25	0.04	-0.46
1952	10	1.02	1.34	1.20	-0.04	0.14	0.62
1952	11	-0.50	0.53	0.92	0.26	-0.94	0.26
1952	12	0.95	0.16	0.83	0.93	-0.25	0.56
1953	1	0.18	0.71	0.15	1.03	0.02	0.16
1953	2	-0.16	-0.07	0.38	0.92	0.42	-0.57
1953	3	-2.86	-1.62	-1.04	0.02	0.24	-0.78
1953	4	0.10	-1.41	-1.43	-0.74	0.29	-0.62
1953	5	0.41	0.26	-0.81	-0.29	0.47	-0.02
1953	6	-1.68	-0.75	-0.71	-1.38	-0.41	-0.14
1953	7	-0.50	-1.72	-1.12	-1.83	-1.31	-0.24
1953	8	0.76	0.23	-0.76	-1.09	-0.67	0.09
1953	9	0.32	0.65	0.30	-0.32	-0.95	-0.25
1953	10	-0.27	-0.16	0.16	-0.68	-1.54	-1.19

Slika 14: Vrednosti indeksa SPI na šestih različnih skalah, pridobljene s programom

4 REZULTATI IN ANALIZA

4.1 Podatki

Za izračun indeksa SPI smo uporabili podatke o mesečni višini padavin daljšega preteklega obdobja, kateri so ustrezno razvrščeni po posameznih mesecih in letih. Podatke smo pridobili iz arhivov Urada za meteorologijo Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2015). Mesečne izračune SPI indeksa smo naredili s pomočjo programa, ki uporablja dvoparametrsko gama porazdelitev (Program to Calculate Standardised Precipitation Index, 2015). Analizo suše smo naredili za dvajset izbranih meteoroloških postaj v Sloveniji, predstavljenih v preglednici 3, skupaj z osnovnimi značilnostmi posamezne postaje. Za vsako meteorološko postajo smo pridobili podatke za obdobje od 1951-2014. Lokacija vseh izbranih meteoroloških postaj je prikazana na sliki 15. Izračune indeksa SPI smo naredili na šestih časovnih skalah (SPI1, SPI2, SPI3, SPI6, SPI9, SPI12).

Preglednica 3: Lokacija izbranih meteoroloških postaj z osnovnimi značilnostmi (Meteorološki letopis, 2009)

Ime opazovalne postaje	Nadmorska višina [m]	Geografska širina [°']	Geografska dolžina [°']	Vrsta postaje [tip]	Začetki meritev in opazovanj [leta]
Ljubljana-Bežigrad	299	46 04	14 31	T, HE, OG	1947
Celje	240	46 15	15 15	T, HE, OG	/
Maribor-Tabor	275	46 32	14 39	T	1962
Murska Sobota	188	46 39	16 11	T, HE, OG	/
Novo mesto	220	45 48	15 11	T, HE, OG	/
Rateče	864	46 30	13 43	T, HE, OG	/
Šmartno pri Sl. Gradcu	445	46 29	15 07	T, HE, OG	1949
Leskoviča	805	46 09	14 05	P	1895
Davča	960	46 12	14 04	P, OG	1925
Železniki	475	46 13	14 10	P	1896
Soča	487	46 21	13 40	P	1895
Podbrdo	521	46 13	13 59	P	/
Mrzla Rupa	930	46 01	13 53	P	1948
Črni vrh nad Idrijo	683	45 56	14 03	P	/
Morsko pri Kanalu	170	46 05	13 38	P	1922
Šempas	104	45 56	13 44	P	1895
Podgrad pri Ilirski Bistrici	560	45 32	14 09	P	1909

... nadaljevanje Preglednice 3

Logatec	486	45 55	14 12	P	1894
Sinji vrh	368	45 27	15 10	P	1914
Mislinja	589	46 27	15 13	P	1895

Legenda: tip postaje (T, P, HE, OG)

T: Temperaturna postaja-meri glavne vremenske elemente v treh dnevni terminih: ob 07h, 14h in 21h

P: Padavinska postaja-meri padavine ob 07h in opazuje vremenske pojave

HE: Heliograf-meritve trajanja sončnega obsevanja

OG: Omrograf-registracija padavin



Slika 15: Lokacija izbranih meteoroloških postaj (Vir karte: Meteorološki letopis, 2009)

4.1.1 Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad

Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad leži v Ljubljanski kotlini na nadmorski višini 299 m ter geografski širini 46°04' in dolžini 14°31'. Danes je meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad osrednji slovenski meteorološki observatorij, združen s sinoptično, fenološko in okoljevarstveno postajo. Na postaji merijo in opazujejo zračni pritisk, temperaturo in vlažnost zraka na 2 m, temperaturo zraka 5 cm nad tlemi, temperaturo tal na različnih globinah (2, 5, 10, 20, 30, 50, 100 cm), smer in hitrost vetra, stanje tal, vidnost, trajanje sončnega obsevanja, padavine, snežno odejo, oblačnost, meteorološke pojave (žled, meglo, poledico, dež, sneženje, nevihte...), sončno obsevanje, sevanje in radioaktivnost.



Slika 16: Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad novembra 2012
(Temperatura tal, 2016)

Opazovalni prostor meteorološke postaje velikosti 50 m × 70 m je sredi mesta, na travnati površini. Zaradi svojega izrazitega mestnega značaja je postaja pomembna za razumevanje urbanih vplivov na okolje (Nadbath, 2008).

4.1.2 Meteorološka postaja Šmartno pri Slovenj Gradcu

Meteorološka postaja Šmartno pri Slovenj Gradcu leži na nadmorski višini 445 m, na ravnici Mislinjske doline. V času od julija 1949 do konca leta 1952 je bila postaja podnebna, od začetka leta 1953 vse do danes pa je glavna ali meteorološka postaja I. reda (Nadbath, 2011). Na postaji merijo: temperaturo zraka s suhim in mokrim termometrom ter najnižjo in najvišjo temperaturo zraka na višini 2 m, temperaturo zraka na 5 cm, vlažnost zraka, smer in hitrost vetra, višino in jakost padavin, višino snežne odeje in novozapadlega snega, gostoto snega, trajanje sončnega sevanja in temperaturo zemlje na različnih globinah, oblačnost, vidnost, stanje tal in vremenske pojave (Nadbath, 2011).



Slika 17: Meteorološki opazovalni prostor v Šmartnem pri Slovenj Gradcu
(Nadbath, 2011)

4.1.3 Meteorološka postaja Leskovica

Padavinska postaja Leskovica se nahaja v vasi Leskovica pod Blegošem. Postaja leži na nadmorski višini 788 m. Z meritvami in opazovanji so začeli leta 1895 (Nadbath, 2010). Od ustanovitve dalje je padavinska meteorološka postaja, kar pomeni, da se enkrat dnevno meri višina padavin in višina snežne odeje. Meglo, slano, roso ter čas začetka in konca vseh vrst padavin ter pomembnih atmosferskih pojavov opazujejo preko celega leta (Nadbath, 2010).



Slika 18: Lokacija meteorološke postaje Leskovica (Nadbath, 2010)

4.1.4 Meteorološka postaja Davča

Meteorološka postaja leži na nadmorski višini 960 m. Namenjena je spremljanju padavin. Ustanovljena je bila že leta 1925, vendar pa so bile do leta 1945 krajše prekinitve. Od tega leta dalje pa do danes potekajo meritve in opazovanja neprekinjeno (Nadbath, 2001). Od vsega začetka so na postaji merili višino padavin z ombrometrom, s katerim izmerimo dnevno višino padavin. Čas pojavljanja in intenzivnost padavin beleži ombrograf, ki v Davči deluje od leta 1999. Dnevno se na postaji meri tudi višina novozapadlega snega, debelina in trajanje snežne odeje, čas pojavljanja padavin, obliko padavin in ostale meteorološke pojave.



Slika 19: Opazovalčev dom v Davči (Nadbath, 2001)

Meteorološka postaja v Davči je v škofjeloškem hribovju, v zahodnem delu Slovenije. Na tem območju so lahko na razmeroma majhnih razdaljah velike razlike v količini in intenziteti padavin (Nadbath, 2001).

4.1.5 Meteorološka postaja Železniki

Meteorološka postaja se nahaja v ozki dolini Prednje Smoleve, na nadmorski višini 475 m. Postaja je na tej lokaciji že od leta 1936, pred tem pa se je lokacija opazovalnega prostora kar precej spreminjala (Nadbath, 2007). Padavinska meteorološka postaja je v kraju že od leta 1896. Na meteorološki postaji merijo višino padavin, višino snežne odeje in novozapadlega snega, opazujejo oblike padavin, njihovo jakost in čas pojavljanja, ter važnejše vremenske pojave.



Slika 20: Meteorološki opazovalni prostor v Železnikih (Nadbath, 2007)

4.1.6 Meteorološka postaja Soča

Meteorološka postaja leži na nadmorski višini 485 m, na desnem bregu reke Soče. Na tem mestu je postaja od avgusta 1988, meritve in opazovanja pa so v Soči od leta 1895 z nekaj

prekinitvami (Nadbath, 2014). Na padavinski meteorološki postaji merijo višino padavin in snežne odeje, ter opazujejo osnovne vremenske pojave.



Slika 21: Opazovalni prostor meteorološke postaje Soča (Nadbath, 2014)

4.1.7 Meteorološka postaja Mrzla Rupa

Na Vojskarski planoti, v Idrijskem hribovju, imamo padavinsko meteorološko postajo Mrzla Rupa. Postaja leži na nadmorski višini 907 m. Meteorološke meritve so se začele leta 1948, lokacije postaje pa so se skozi zgodovino merjenja meteoroloških spremenljivk spreminjale (Nadbath, 2011). Na današnji lokaciji je postaja od leta 1977. Meteorološka postaja v Mrzli Rupi je od svojih začetkov padavinska. Na njej enkrat dnevno merijo višino padavin in snežne odeje. Opazujejo tudi čas začetka in konca vseh vrst padavin in pomembnih atmosferskih pojavov.



Slika 22: Opazovalni prostor meteorološke postaje Mrzla Rupa (Nadbath, 2011)

4.1.8 Meteorološka postaja Morsko pri Kanalu

Morsko je kraj v dolini, na levem bregu reke Soče. Opazovalni prostor leži na nadmorski višini 160 m. Tudi v Morskem pri Kanalu se je lokacija postaje menjala skozi zgodovinska obdobja. Na tem mestu je postaja od junija 1977, pred tem pa je bila v obdobju od leta 1922-1977 postaja v Kanalu, 1200 m severno (Nadbath, 2012). Na meteorološki postaji merijo višino padavin, višino snežne odeje ter opazujemo meteorološke pojave.



Slika 23: Meteorološki opazovalni prostor v Morskem (Nadbath, 2012)

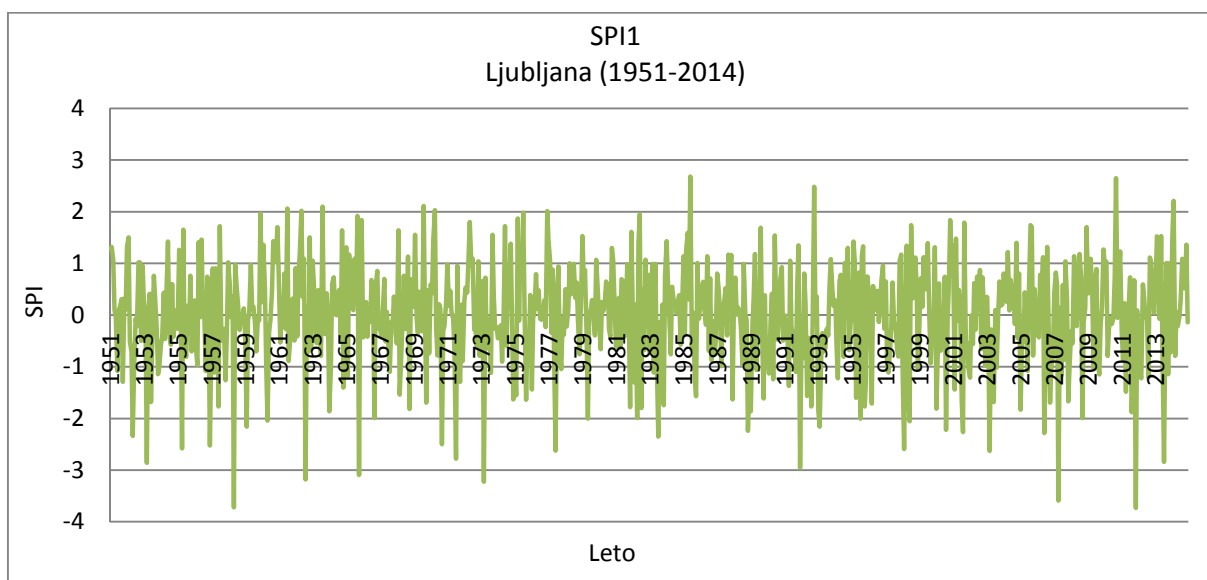
Ombrometer je postavljen na travniku (Nadbath, 2012).

4.2 Izračun in analiza standardiziranega padavinskega indeksa (SPI) za izbrane meteorološke postaje in različne časovne skale

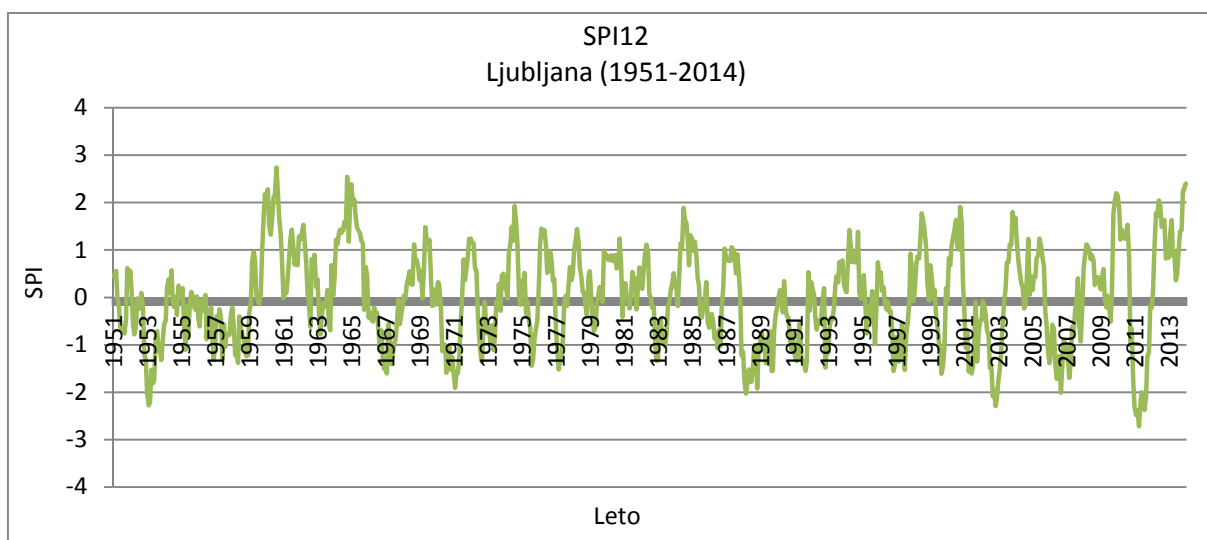
Izračuni mesečnih vrednosti indeksa SPI so narejeni s programom, ki je prosto dostopen na spletni strani ameriškega Nacionalnega centra za upravljanje s sušo (NDMC) (Program to Calculate Standardised Precipitation Index, 2015). Mesečne padavine, ki predstavljajo edini vhodni podatek, smo ustrezno razvrstili po posameznih mesecih in letih. Vhodni podatki morajo biti zapisani v treh stolpcih (leto, mesec in vrednosti mesečnih padavin). Za vse meteorološke postaje smo izračunali indeks SPI na šestih različnih časovnih skalah (SPI1, SPI2, SPI3, SPI6, SPI9 in SPI12). Pri izračunih indeksov smo uporabili 64-letni niz padavinskih podatkov, in sicer za obdobje 1951-2014.

4.2.1 Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad

Indeks SPI je izračunan na šestih časovnih skalah (SPI1, SPI2, SPI3, SPI6, SPI9 in SPI12), izračunane vrednosti za SPI1 in SPI12 so prikazane na slikah 24 in 25, ostale vrednosti SPI pa so v prilogi A.



Slika 24: Enomesečni SPI za postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje 1951-2014



Slika 25: Dvanajstmesečni SPI za postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje 1951-2014

Rezultati kažejo, da SPI na krajših časovnih skalah (ena-, dve-, tri- in šest- mesečni časovni skali) kaže nekoliko večjo variabilnost kot na daljših časovnih skalah. Sicer velja, da so suše manj pogoste na daljših časovnih skalah, vendar te trajajo dlje. Resnejši vplivi na okolje se po navadi začnejo po suhih obdobjih, ki so daljša od enega meseca (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008). Primanjkljaj vsebnosti vode v tleh in s tem posredno na razvoj kmetijskih

rastlin zaznamo v obdobjih med dvema in štirimi meseci (SPI2, SPI3, SPI4). Obdobje daljše od šest mesecev pa je povezano s hidrološko sušo (pomanjkanje vode v vodotokih in v podzemnih vodah) (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008).

Na območju Ljubljane izračunana vrednost SPI, kaže več sušnejših let, ko je opazen negativni odklon. Letni indeks (SPI12) kaže ekstremno sušo v letih 1953, 1954, 1989, 2003, 2007, 2011 in 2012. Leta 1956 se pojavi daljše negativno obdobje, ki traja do začetka leta 1960. Vrednosti se gibljejo v mejah normalne do zmerne suše. Na krajših časovnih skalah se največji primanjkljaj padavin pojavi na enomesečni skali (SPI1) v letih 1958, 1962, 1965 in 1973. Na SPI3 se do leta 1988 pojavijo predvsem zmerne do hude suše, v začetku leta 1989 pa dobimo ekstremno negativno vrednost (-3,52). Po letu 1990 se na devetmesečni časovni skali začnejo pojavljati suše z večjo jakostjo in pogostostjo. Leta 1992 se v poletnem času pojavi vodni primanjkljaj za kmetijske rastline. Prva polovica leta 1993 beleži zelo malo padavin. Od januarja do maja je padlo samo 192 mm padavin. Na to kažejo tudi velike negativne vrednosti SPI2, SPI3, SPI6 in SPI9.

Avgusta 2001 smo na dvomesečni skali (SPI2) dobili največjo negativno vrednost (-3,33), ko je v juliju in avgustu padlo skupaj le 81 mm padavin. Leta 2003 se je Evropa soočala z ekstremno sušo. Junija, julija in avgusta je bila izredna vročina, zato smo beležili rekordni primanjkljaj vode v tleh za kmetijske rastline (Sušnik in Kurnik, 2003). Najnižje vrednosti indeksa se v letu 2003 pojavljajo na daljših časovnih skalah (SPI6, SPI9 in SPI12). Največji primanjkljaj smo dobili na SPI9, ko je v preteklih devetih mesecih padlo skupaj 592 mm padavin. Leto 2007 je bilo hidrološko suho leto. Zabeležili smo velike primanjkljaje padavin od aprila do avgusta (Sušnik in Gregorič, 2008). Najnižjo vrednost na mesečni časovni skali (-3,73) smo dobili novembra 2011, ko je padlo le 3 mm padavin. Ob koncu leta 2011 kažejo nizke vrednosti tudi SPI6, SPI9 in SPI12, kar je posledica pomanjkanja padavin skozi celo leto. Sušno leto je bilo tudi leto 2012, na kar kažeta tudi SPI9 in SPI12, ki izkazujeta najnižje vrednosti obravnavanega obdobja na svoji časovni skali. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša marca 2012, ko je od aprila 2011 do marca naslednje leto padlo skupaj 905 mm padavin (preglednica 4). Občutno pomanjkanje vode v tleh smo imeli tudi v juniju, juliju in avgustu leta 2013. Kmetijske rastline so bile v močnem sušnem stresu, saj je bil izreden vodni primanjkljaj (Sušnik in sod., 2013).

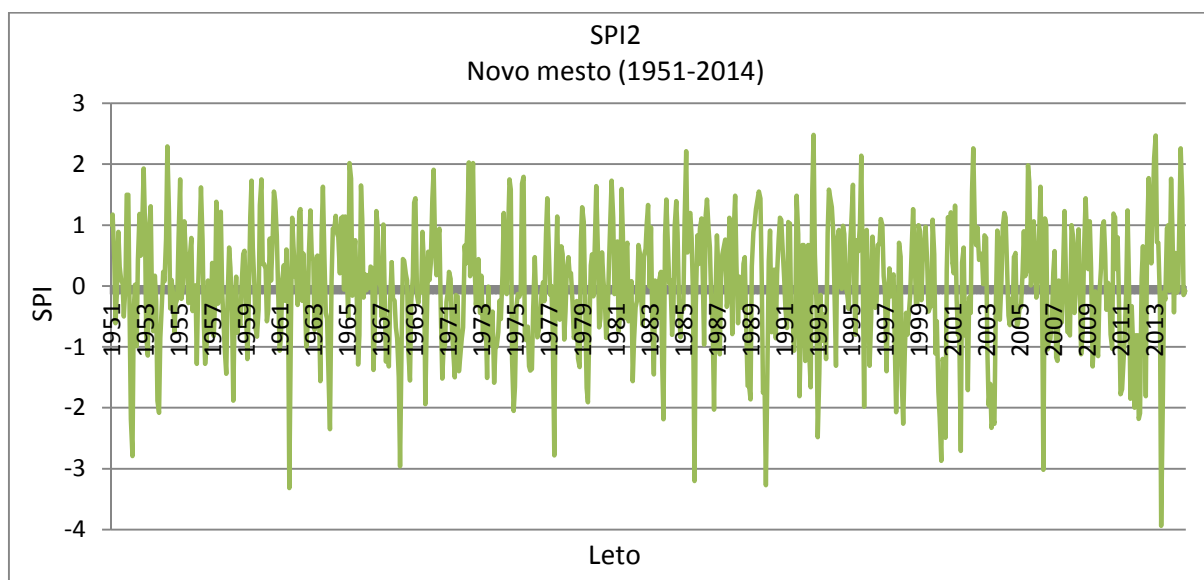
V preglednici 4 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 4: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Ljubljana-Bežigrad s pripadajočimi vsotami padavin

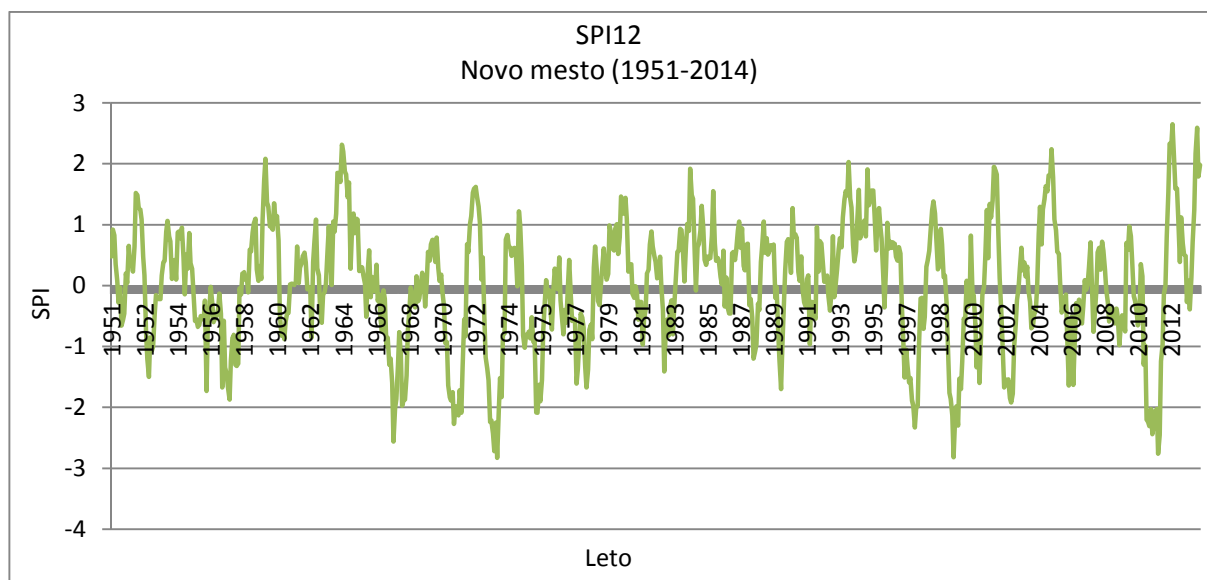
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	november 2011	-3,73	3
SPI2	avgust 2001	-3,33	81
SPI3	januar 1989	-3,52	60
SPI6	junij 1993	-2,79	295
SPI9	april 2012	-2,75	595
SPI12	marec 2012	-2,72	905

4.2.2 Meteorološka postaja Novo mesto

Za meteorološko postajo Novo mesto smo uporabili 64-letni niz padavinskih podatkov, za obdobje 1951-2014. Indeks SPI je izračunan na šestih časovnih skalah (SPI1, SPI2, SPI3, SPI6, SPI9 in SPI12), izračunane vrednosti za SPI2 in SPI12 so prikazane na slikah 26 in 27, ostale vrednosti SPI pa so v prilogi A.



Slika 26: Dvomesični SPI za postajo Novo mesto za obdobje 1951-2014



Slika 27: Dvanajstmesečni SPI za postajo Novo mesto za obdobje 1951-2014

V letu 1952 se na postaji Novo mesto pojavijo negativne vrednosti v mesecu maju na SPI1, SPI2 in SPI3. Od marca do maja je skupaj padlo samo 92 mm padavin, kar je povzročilo ekstremno sušo na dvomesečni in trimesečni časovni skali. Najnižjo vrednost indeksa opazimo v letu 1952 na trimesečni skali, in sicer -2,89. V obdobju od 1951-2014 se na krajših časovnih skalah (SPI1, SPI2, SPI3 in SPI6) pojavi veliko sušnih dogodkov, katerih vrednosti se gibljejo do -2,0, nekaj pa jih presega tudi mejo -3,0, kar nakazuje na veliko ekstremno sušo. V letih 1956, 1957 in 1958 se pojavijo negativna odstopanja, največje v maju 1958 na enomesečni časovni skali. Na krajših časovnih skalah vidimo, da se hitreje menjavajo sušna in padavinska obdobja. Leta 1961 vidimo na dvomesečni časovni skali velik negativni odklon (-3,32) v mesecu septembru, prav tako pa rezultati kažejo ekstremno sušo na SPI3, SPI6 in SPI9. Med leti 1961 in 1965 sledi obdobje padavin na vseh časovnih skalah. Leta 1967 je bil primanjkljaj padavin v mesecu maju, naslednje leto pa v marcu, aprilu in maju.

Na letni časovni skali je kar nekaj obdobji pomanjkanja padavin, kjer se pojavljata huda ali ekstremna suša. Ta obdobja so: 1971/1972 (zima), 1973/1974 (avgust-maj), 1976 (julij-avgust), 1998 (maj-avgust), 2000 (avgust-december), 2003/2004 (december-februar), 2011/2012 (november-avgust).

Od leta 1967 do 1983 se na enomesečni in dvomesečni časovni skali pojavljajo obdobja zmerne in hude suše. Na enomesečni skali se v novembru 1983 pojavi večja negativna vrednost (-2,77), saj je padlo le 10 mm padavin. Oktobra 1985 je bilo v Novem mestu veliko pomanjkanje padavin na dvomesečni časovni skali. Indeks je dosegel vrednost -3,2, kar

predstavlja ekstremno sušo. Od septembra 1979 do novembra 1989 je sledilo daljše obdobje padavin.

V obdobju 1979-1997 ni zaznati večjega pomanjkanja padavin. Leta 1998 se je pojavila pomladna suša na vseh časovnih skalah. Poleti 2000 smo beležili hudo do ekstremno sušo. Junija 2000 je bilo na SPI3 in SPI6 veliko pomanjkanje padavin, v letu 2003 pa se je ponovilo. Septembra 2000 smo na SPI6 in SPI9 beležili velike primanjkljaje padavin glede na dolgoletno povprečje. V juliju in avgustu 2003 je bila ekstremna suša na vseh časovnih skalah, razen na SPI1 in SPI12. Aprila 2007 in novembra 2011 je postaja Novo mesto na enomesečni časovni skali zabeležila rekordne vrednosti indeksa (-3,64, -3,76), julija 2013 pa na dvomesečni skali (-3,94).

V preglednici 5 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

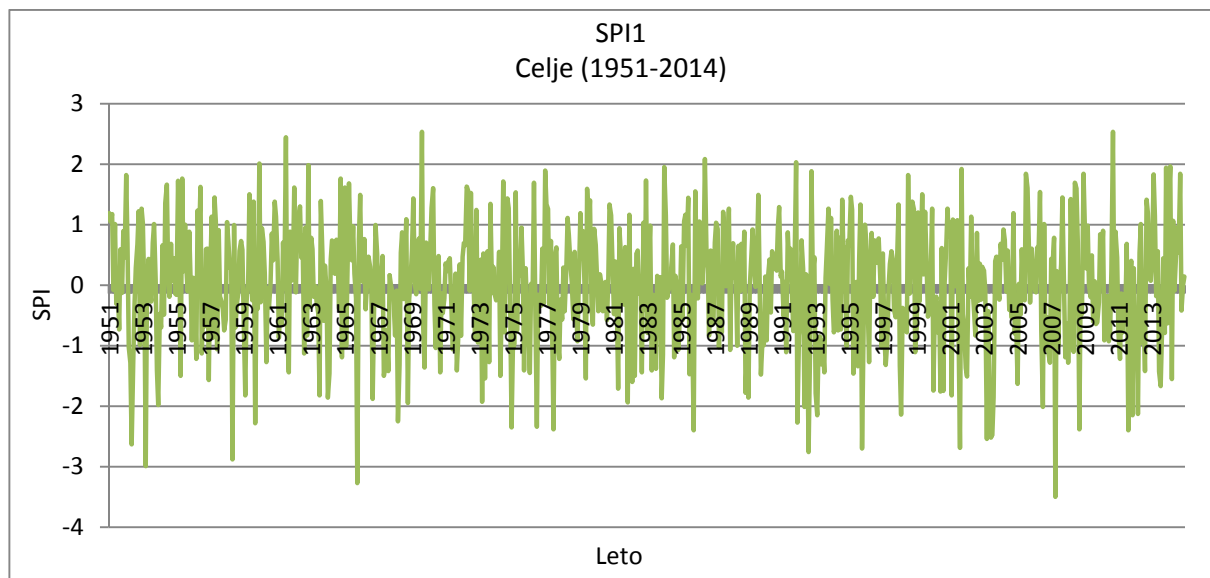
Preglednica 5: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Novo mesto s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	november 2011	-3,76	3
SPI2	julij 2013	-3,94	55
SPI3	junij 2000	-3,64	110
SPI6	september 2000	-3,45	309
SPI9	september 2000	-3,45	411
SPI12	november 1973	-3,3	691

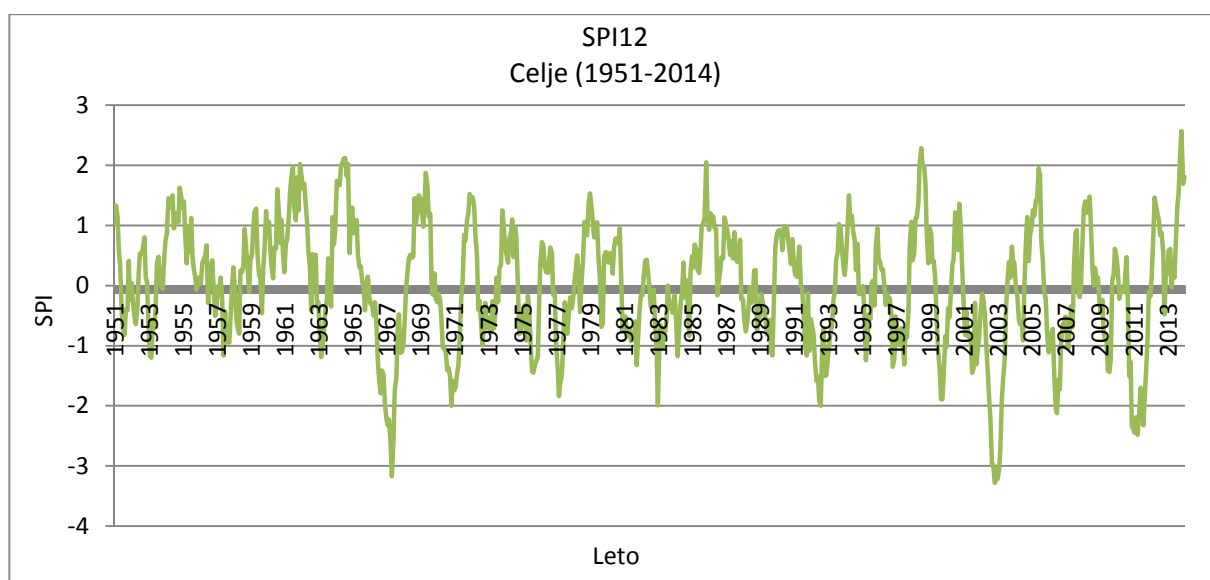
Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost novembra 2011, ko je v Novem mestu padlo le 3 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2013, ko je v juniju in juliju padlo 55 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za junij (vsota padavin v aprilu, maju in juniju) je bila najmanjša leta 2000, ko je od aprila do junija padlo 110 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša novembra 1973, ko je od decembra 1972 do novembra naslednje leto padlo skupaj 691 mm padavin (preglednica 5).

4.2.3 Meteorološka postaja Celje

Na meteorološki postaji Celje so bili v celotnem opazovanem obdobju štirje meseci brez padavin. Na slikah 28 in 29 so prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI1 in SPI12, ostale vrednosti SPI pa so v prilogi A.



Slika 28: Enomesečni SPI za postajo Celje za obdobje 1951-2014



Slika 29: Dvanajstmesečni SPI za postajo Celje za obdobje 1951-2014

V letih 1952 in 1953 rezultati kažejo na krajših časovnih skalah negativni odklon v spomladanskem času, ki se kaže v hudi in ekstremni suši. Največjo vrednost (-2,88) doseže SPI2 maja 1952, ko pade v aprilu in maju skupno le 49 mm padavin. Maja 1958 in septembra 1959 se zopet pojavijo večji negativni odkloni (-2,88, -2,28) na enomesečni časovni skali. Na devetmesečni in letni časovni skali so v obdobju 1951-1966 negativne vrednosti v mejah normale, saj imamo daljša obdobja padavin. Leto kasneje se v decembru zopet pokažejo večji primanjkljaji padavin, ki trajajo do maja 1968. Vrednosti dosežejo ekstremno sušo. Po letu 1974 smo na SPI1 in SPI2 zaznali pogostejšo sušo, ki je trajala do junija 1977. Po tem obdobju rezultati SPI na krajših časovnih skalah kažejo do leta 1991 normalne do ekstremne suše z vmesnimi zmernimi do zelo namočenimi obdobji. V avgustu in septembru 1992 se

pojavi na vseh časovnih skalah razen na letni, velike negativne vrednosti, ki so se kazale v hudi do ekstremni suši. Tudi Trontelj (1997) za leto 1992 piše o ekstremno toplem, suhem in sončnem poletju v Sloveniji.

Po letu 2000 rezultati SPI na krajših časovnih skalah zopet izkazujejo negativne vrednosti konic na grafih. Mesečni in dvomesečni indeks v avgustu 2001 kaže velik primanjkljaj padavin, saj je padlo le 17 in 96 mm padavin. V letu 2003 smo imeli katastrofalno sušo v poletnih mesecih, kar je najbolj prizadelo kmetijske rastline, saj v tem obdobju potrebujejo velike količine vode za svojo rast. Škoda po suši je bila na več kot 60 % vseh kmetijskih površin v Sloveniji (Sušnik in Kurnik, 2003). Od maja do septembra 2003 rezultati kažejo velike negativne vrednosti na vseh časovnih skalah. Letni indeks je decembra 2003 dosegel največjo negativno vrednost (-3,08). SPI3, SPI6, in SPI9 v mesecu avgustu, SPI2 pa v mesecu juliju. Vse to kaže, da je bilo leto 2003 izjemno sušno in neugodno za kmetijsko pridelavo. Ekstremne negativne mesečne vrednosti so bile dosežene v aprilu 2007, septembru 2008 in avgustu 2011 (-3,5, -2,38, -2,4).

V Celju je letni indeks (SPI12) zabeležil ekstremno sušna obdobja v letih:

- 1967/1968 (december-maj)
- 2003/2004 (julij-februar)
- 2008 (marec, maj)
- 2011/2012 (november-april, julij)

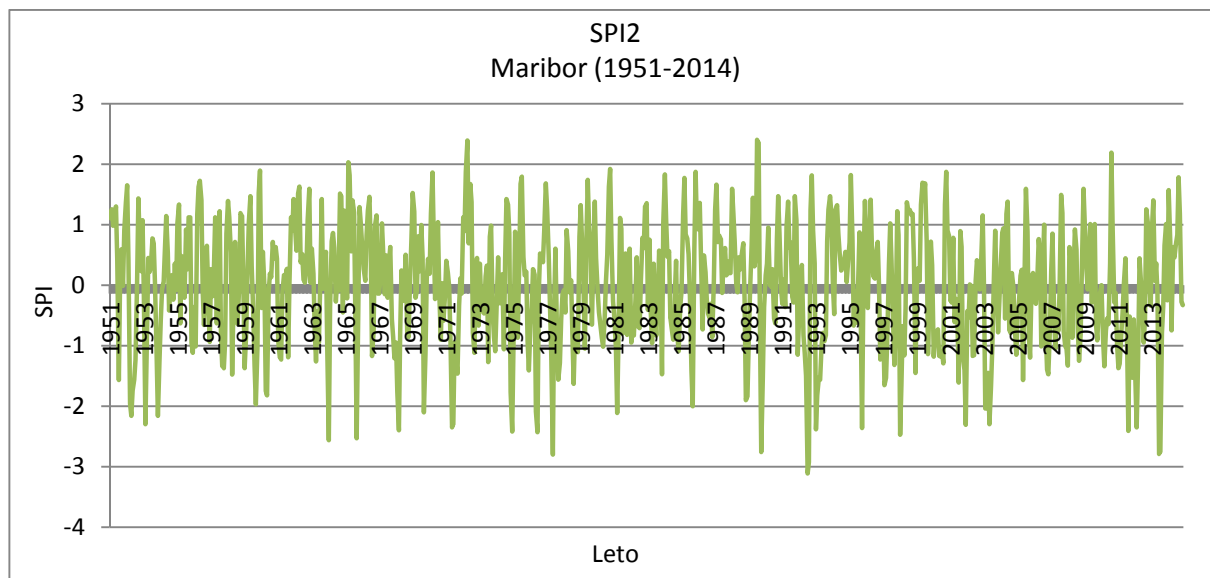
V preglednici 6 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 6: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Celje s pripadajočimi vsotami padavin

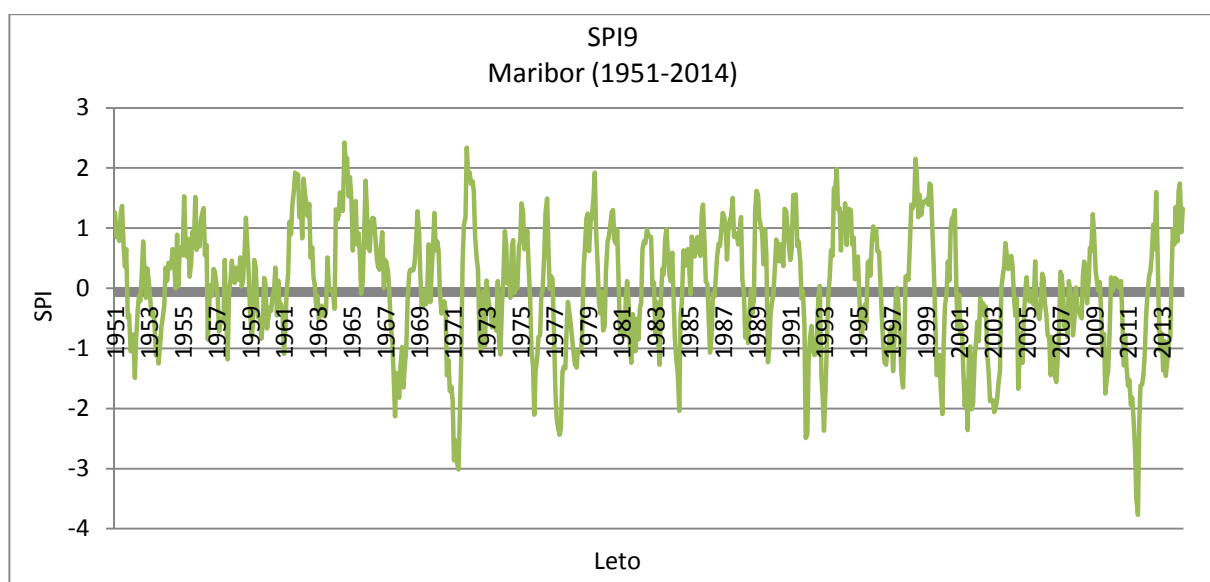
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	april 2007	-3,5	5
SPI2	julij 2003	-3,36	71
SPI3	avgust 2003	-3,65	105
SPI6	avgust 2003	-4,03	202
SPI9	avgust 2003	-3,35	383
SPI12	december 2003	-3,08	705

4.2.4 Meteorološka postaja Maribor

Za meteorološko postajo Maribor smo izračunane vrednosti indeksa SPI2 in SPI9 prikazali na slikah 30 in 31, ostale vrednosti SPI pa so v prilogi A.



Slika 30: Dvomesični SPI za postajo Maribor za obdobje 1951-2014



Slika 31: Devetmesečni SPI za postajo Maribor za obdobje 1951-2014

V Mariboru je po letu 1950 opaziti nekoliko pogostejše pojavljanje ekstremne suše na krajših časovnih skalah (SPI1, SPI2 in SPI3). Najnižjo vrednost indeksa opazimo na SPI1 v maju 1958, ko je padlo 18 mm padavin in na SPI2 v februarju 1964, ko je padlo v januarju in februarju skupaj le 9 mm padavin. Na daljši časovni skali (SPI9 in SPI12) se v novembru 1952 in marcu 1953 kažeta dve zmerni suši, ki pa se prevesita v razmeroma mokro obdobje do marca 1968. Na letni časovni skali se v juniju 1960 in maju 1963 pojavita negativna odklona, ki predstavljata hudo in zmerno sušo. Ekstremna suša se pojavi aprila 1968 in traja vse do decembra, skupno kar devet mesecev.

Daljše obdobje suše se kaže od aprila 1971 do maja 1972 z največjim primanjkljajem v oktobru 1971, ko je SPI12 dosegel vrednost -2,73. Velike negativne vrednosti se pojavljajo tudi v oktobru, novembru in decembru 1971 na SPI6 in SPI9. Na SPI6 trajata huda in ekstremna suša skupaj več kot pol leta. Največjo negativno vrednost SPI6 (-3,42) doseže v oktobru 1971, ko je od maja do oktobra padlo 340 mm padavin. Od junija 1972 pa vse do aprila 1973 sledijo zelo mokri meseci. V zimskem obdobju 1974/1975 se na krajših časovnih skalah (SPI1, SPI2 in SPI3) pojavi ekstremna suša, ki jo je omenil tudi Trontelj (1997). Od decembra 1974 do februarja 1975 je padlo skupaj le 46 mm padavin. Leta 1976 in 1977 se v poletnih mesecih pojavi huda do ekstremna suša na krajših časovnih skalah, ki se v jesenskih mesecih postopoma konča. Proti koncu leta 1977 do spomladi 1978 se na SPI6, SPI9 in SPI12 pojavita huda in ekstremna suša. Največje negativne vrednosti se pojavijo v januarju in februarju 1978 na SPI6 in SPI12.

V osemdesetih letih prejšnjega stoletja smo imeli v septembru in oktobru 1985 zmerno do ekstremno sušo na enomesečni, dvomesečni in trimesečni časovni skali. Ekstremna suša se pojavi tudi v februarju in oktobru na SPI3 in SPI9. Decembra 1988 in januarja 1989 smo na SPI1, SPI2 in SPI3 dobili večje negativne vrednosti, z največjo vrednostjo SPI3 (-2,54). Od novembra 1988 do januarja 1989 je padlo samo 56 mm padavin. Proti koncu leta 1989 so dosežene maksimalne negativne vrednosti, saj smo imeli izredno suho, toplo in sončno zimo (Trontelj, 1997).

Leta 1992 smo beležili ekstremno toplo in suho poletje (Trontelj, 1997), kar se je odražalo tudi v jakosti suše. Največje negativne vrednosti se kažejo na SPI1, SPI2 in SPI3 (-3,09, -3,11, -3,43). Izrazito sušo smo imeli tudi v začetku leta 1993 do poletja. Na vseh časovnih skalah se kažejo ekstremne vrednosti, razen na SPI12, ki pa vseeno kažejo zmerno do hudo sušo. Rezultati SPI1 in SPI2 kažejo v oktobru in novembru 1995, ter v februarju 1998 ekstremno sušo. Sušne poletne mesece smo imeli leta 2000, 2002, 2003, 2006, 2007, 2012 in 2013. Leta 2003 smo imeli izredne padavinske primanjkljaje, še najbolj na severovzhodu države (Cegnar, 2003). Na mesečni skali smo izračunali v aprilu 2007 večjo negativno vrednost (-3,06), saj je padlo le 5 mm padavin. Rezultati SPI9 in SPI12 kažejo v letu 2011/2012 dolgotrajno intenzivno sušo, ki traja od septembra 2011 do septembra 2012. V aprilu 2012 dosežeta SPI9 in SPI12 ekstremne vrednosti (-3,77, -2,81). Na krajših časovnih skalah se od jeseni 2011 pa do spomladi 2012 pojavlja zmerna do ekstremna suša. Leta 2013 je od junija do konca avgusta v večjem delu Slovenije padlo manj kot 50 % dolgoletnih padavin (Sušnik in sod., 2013), kar se je pokazalo v negativnih vrednostih na krajših časovnih skalah. Največji odklon je bil v avgustu na SPI3, ko je od junija do avgusta padlo 135 mm padavin.

V preglednici 7 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

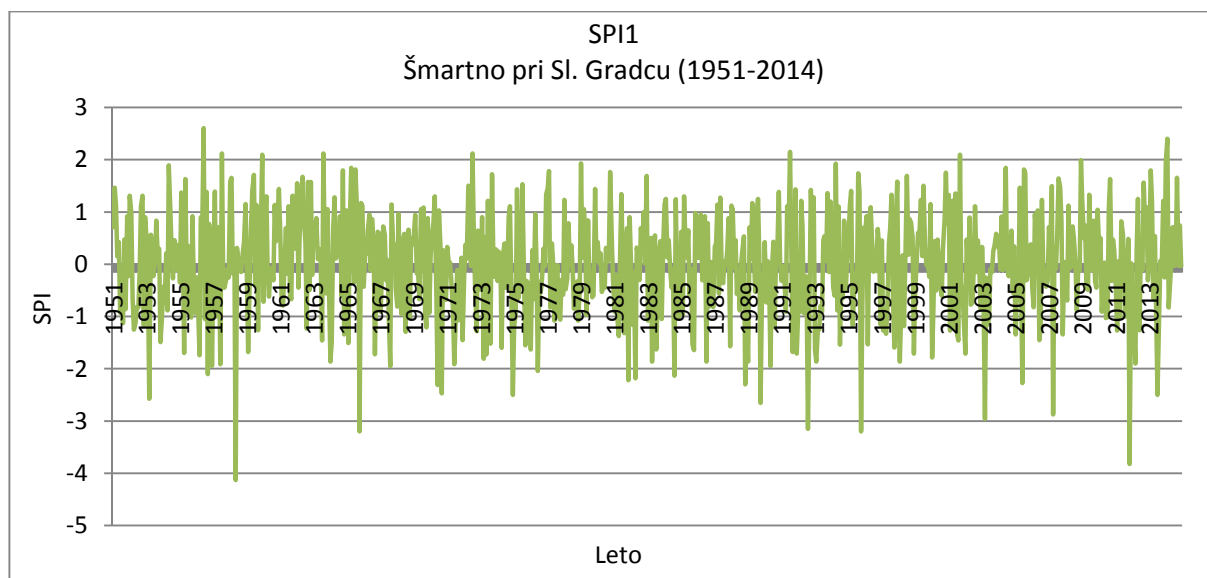
Preglednica 7: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Maribor s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	avgust 1992	-3,09	16
SPI2	avgust 1992	-3,11	64
SPI3	september 1992	-3,43	132
SPI6	oktober 1971	-3,42	340
SPI9	april 2012	-3,77	369
SPI12	april 2012	-2,81	710

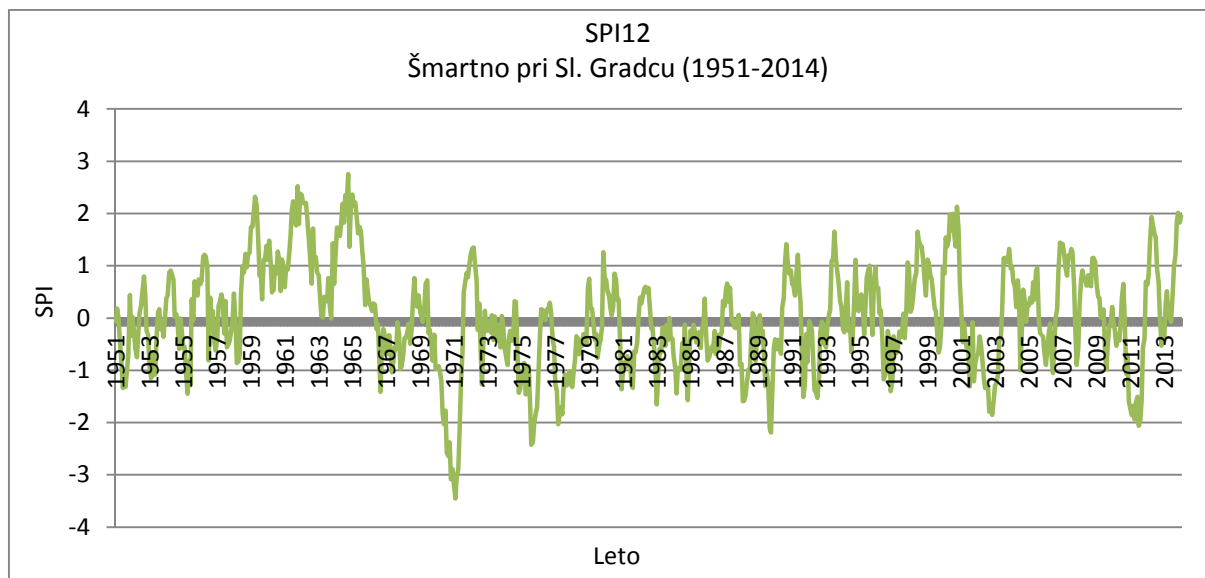
Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost avgusta 1992, ko je v Mariboru padlo le 16 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost avgusta 1992, ko je v juliju in avgustu padlo 64 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za september (vsota padavin v juliju, avgustu in septembru) je bila najmanjša leta 1992, ko je od julija do septembra padlo 132 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša aprila 2012, ko je od maja 2011 do aprila 2012 padlo skupaj 710 mm padavin.

4.2.5 Meteorološka postaja Šmartno pri Slovenj Gradcu

Za meteorološko postajo Slovenj Gradec so izračunane vrednosti indeksa SPI1 in SPI12 prikazane na slikah 32 in 33, ostale vrednosti SPI pa so v prilogi A.



Slika 32: Enomesečni SPI za postajo Šmartno pri Sl. Gradcu za obdobje 1951-2014



Slika 33: Dvanajstmesečni SPI za postajo Šmartno pri Sl. Gradcu za obdobje 1951-2014

V letu 1952 v Slovenj Gradcu zabeležimo na krajših časovnih skalah ekstremno sušo, ki traja od maja do avgusta. Za marec 1953 rezultati kažejo ekstremno mesečno sušo. Najnižjo vrednost indeksa smo izračunali na enomesečni časovni skali v maju 1958, ko je padlo le 4 mm padavin. SPI1 doseže ekstremno negativno vrednost -4,13, kar predstavlja ekstremno sušo. V oktobru 1965 se nam zopet pojavi velik padavinski primanjkljaj, saj je padlo le 1 mm padavin. Tudi Trontelj (1997) zapiše, da je bil mesec oktober najbolj suh in sončen v tistem stoletju. V februarju 1964 se na SPI2 in SPI3 pojavita večji negativni vrednosti, saj smo imeli izredno suh januar (Trontelj, 1997). V obdobju 1958-1967 smo imeli nadpovprečne padavine, saj smo na SPI6, SPI9 in SPI12 dobili visoke pozitivne vrednosti indeksov SPI. Tudi na letni časovni skali so bile od maja 1959 pa do aprila 1967 same pozitivne vrednosti indeksa z zmernimi do ekstremno namočenimi obdobji. V letih 1962, 1964 in 1965 so bile na Pohorju obilnejše padavine in ponekod tudi katastrofalne poplave, kar je zapisal tudi Trontelj (1997). V letu 1970 se v juniju in septembru pojavi ekstremna suša (-2,31, -2,47). Leta 1971 se na letni časovni skali pojavi ekstremna suša, ki traja od aprila do aprila naslednje leto. Največji ekstremni padavinski primanjkljaj na SPI12 je bil v januarju 1972 (-3,45) in na SPI9 v oktobru 1971 (-3,35). V tem obdobju se pojavlja huda do ekstremna suša tudi na SPI3 in SPI6. Na krajših časovnih skalah do leta 1989 sledijo obdobja zmernih do ekstremnih suš z obdobji močnejših nalivov. Na daljših časovnih skalah do leta 1989 ni zaznani ekstremnejših sušnih obdobji. V januarju 1989 kaže SPI3 velik negativni odklon (-3,26), kar je posledica majhne količine padavin v novembru in decembru 1988, ter v januarju 1989. V spomladanskem in poletnem času leta 1990 se na vseh časovnih skalah pojavijo negativna odstopanja, ki nakazujejo na sušo. Poletje je bilo zelo sončno z majhnim številom padavinskih dni, kar je zabeležil tudi Trontelj (1997).

Leta 1992 je bilo poletje ekstremno toplo in sončno z malo padavinami (Trontelj, 1997). V avgustu in septembru je bila jakost suše ekstremno velika. Največjo negativno vrednost izkazuje SPI1 v avgustu, ko je dosegel vrednost -3,15. Temu sledi izrazita suša v začetku leta 1993 do poletja na krajših časovnih skalah (SPI2, SPI3 in SPI6). V februarju in juniju 1993 kažejo vrednosti SPI2 in SPI6 največje primanjkljaje padavin (-3,09, -3,25). V oktobru 1995 je padlo samo 1 mm padavin. Leta 1997 smo imeli v aprilu in maju hudo do ekstremno sušo, kar se kaže v negativnih vrednostih SPI2, SPI3 in SPI6.

Po letu 2000 rezultati na krajših časovnih skalah kažejo večje negativne vrednosti. Leta 2003 se je v poletnih mesecih pojavila ekstremna suša. Na enomesečni časovni skali imamo večja negativna odstopanja v juniju 2005 (-2,27), aprilu 2007 (-2,87), novembru 2011 (-3,82) in v juliju 2013 (-2,5). V marcu in aprilu 2012 je bila huda in ekstremna suša, proti koncu leta in v začetku leta 2013 pa je sledilo obdobje padavin. Poletni 2013 indeksi na krajših časovnih skalah kažejo pojav ekstremne suše.

V preglednici 8 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 8: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Šmartno pri Sl. Gradcu s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	maj 1958	-4,13	4
SPI2	februar 1993	-3,09	4
SPI3	januar 1989	-3,26	32
SPI6	junij 1993	-3,25	213
SPI9	oktober 1971	-3,35	598
SPI12	januar 1972	-3,45	743

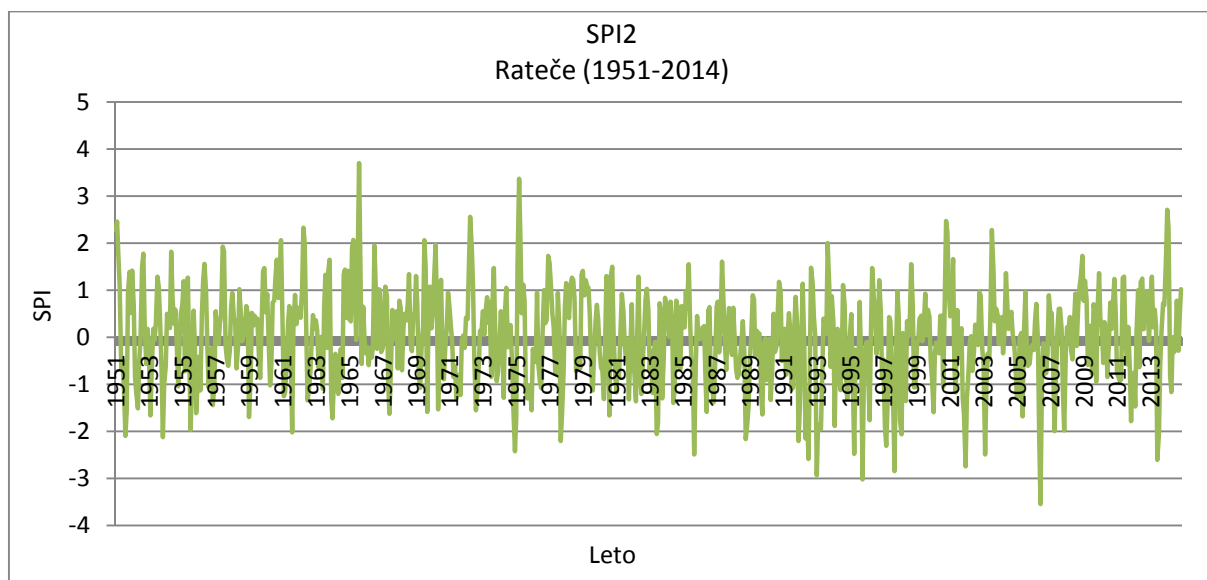
Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost maja 1958, ko je v Šmartnem pri Sl. Gradcu padlo le 4 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost februarja 1993, ko je v januarju in februarju skupaj padlo 4 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za januar (vsota padavin v novembru in decembru 1988 ter januarju 1989) je bila najmanjša leta 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 32 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša januarja 1972, ko je od februarja 1971 do januarja 1972 padlo skupaj 743 mm padavin.

4.2.6 Meteorološka postaja Rateče

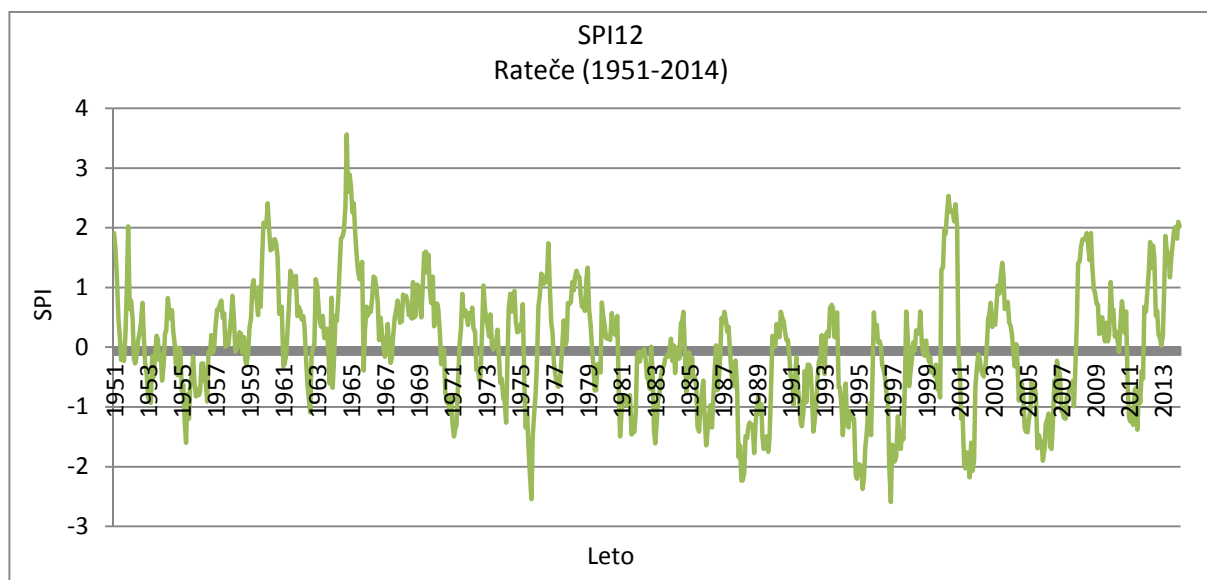
Izračunane vrednosti indeksa SPI2 in SPI12 za meteorološko postajo Rateče so prikazane na slikah 34 in 35, ostale vrednosti SPI za to postajo pa so v prilogi A.

V obdobju 1951-1959 rezultati na enomesečni časovni skali za Rateče kažejo 6 ekstremnih suš, ostala sušna obdobja so imela vrednost indeksa med 0 in -1.5. V tem obdobju je bilo zaznati tudi veliko padavin. V septembru 1965 so se pojavljale ekstremne padavine, vrednosti indeksov na vseh časovnih skalah so bile krepko čez 3. Največjo pozitivno vrednost doseže SPI6, in sicer 3,98. Poplavni dogodek je zabeležil tudi Trontelj (1997). Na devetmesečni in letni časovni skali se med leti 1960 in 1970 pojavijo bolj mokra obdobja. V začetku leta 1975 kažeta vrednosti SPI2 in SPI3 ekstremno zimsko sušo, večje ekstremne padavine pa se pojavijo šele v aprilu na krajših časovnih skalah. SPI2 je dosegel vrednost 3,37, v marcu in aprilu pa je zapadlo kar 652 mm padavin.

V obdobju 1980-2000 se na SPI1 izmenjujejo obdobja padavin in suše. Večje negativne vrednosti se pojavijo na dvomesečni in trimesečni časovni skali. V poletnih mesecih leta 1992 kažejo SPI2, SPI3 in SPI9 velike negativne vrednosti, saj smo imeli ekstremno toplo in suho poletje (Trontelj, 1997). Leta 1993 je bila izrazita suša pozimi do začetka pomladi. Na krajših časovnih skalah se kaže velik primanjkljaj padavin, največjo negativno vrednost pa doseže SPI2 (-2,93). V maju in novembru 1995 se zopet pojavijo večja negativna odstopanja na SPI2. V letu 1997 se pojavi večja suša v spomladanskem obdobju na krajših časovnih skalah, v oktobru pa se pojavi velik primanjkljaj padavin na vseh časovnih skalah z ekstremno vrednostjo SPI9 in SPI12 v novembru (-3,54, -2,59).



Slika 34: Dvomesečni SPI za postajo Rateče za obdobje 1951-2014



Slika 35: Dvanajstmesečni SPI za postajo Rateče za obdobje 1951-2014

V letu 2002 so se na daljših časovnih skalah pojavila negativna odstopanja, saj je bilo proti koncu leta 2001 in v začetku leta 2002 izredno malo padavin. Indeks SPI6 je beležil ekstremen primanjkljaj padavin v marcu 2002 (-2,48). Velik padavinski primanjkljaj na krajših časovnih skalah se kaže tudi v poletnih mesecih leta 2006. V juliju vrednosti SPI1, SPI2 in SPI3 kažejo največjo ekstremno sušo (-2,86, -3,54, -3,29). Jakost suše presega mejo ekstremne suše tudi v letih 2002, 2003, 2006, 2011 in 2013.

V preglednici 9 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 9: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Rateče s pripadajočimi vsotami padavin

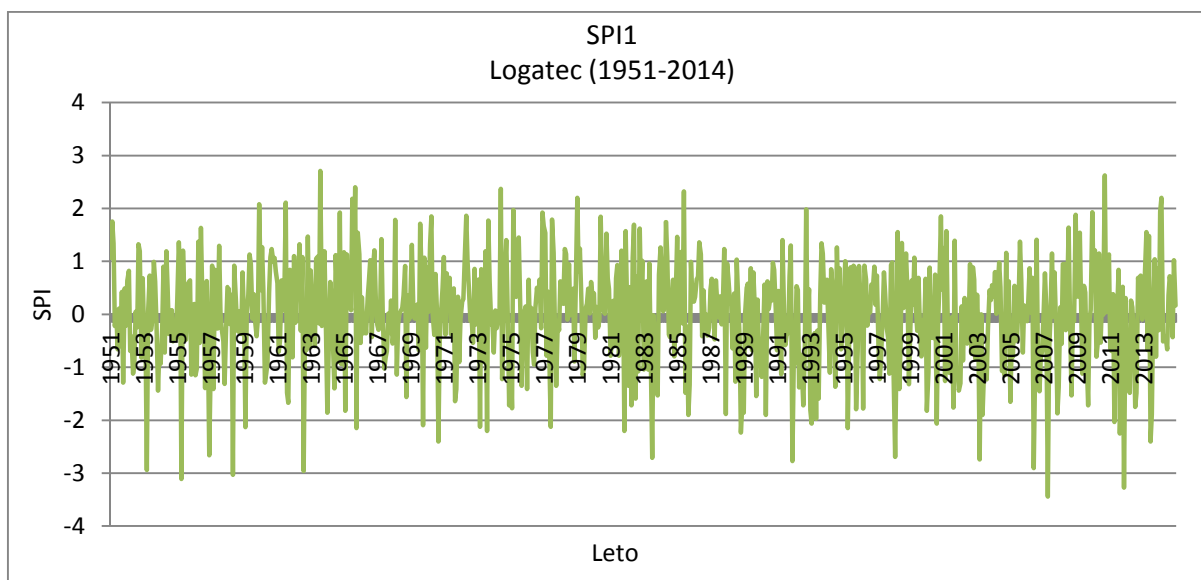
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	julij 2006	-2,86	30
SPI2	julij 2006	-3,54	69
SPI3	julij 2006	-3,29	170
SPI6	marec 2002	-2,48	246
SPI9	oktober 1997	-3,54	699
SPI12	november 1997	-2,59	1013

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v Ratečah padlo 30 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 69 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za julij (vsota padavin v maju, juniju in juliju) je bila najmanjša leta 2006, ko je od maja do julija padlo 170 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša novembra 1997, ko je od decembra 1996 do novembra 1997 padlo skupaj 1013 mm padavin.

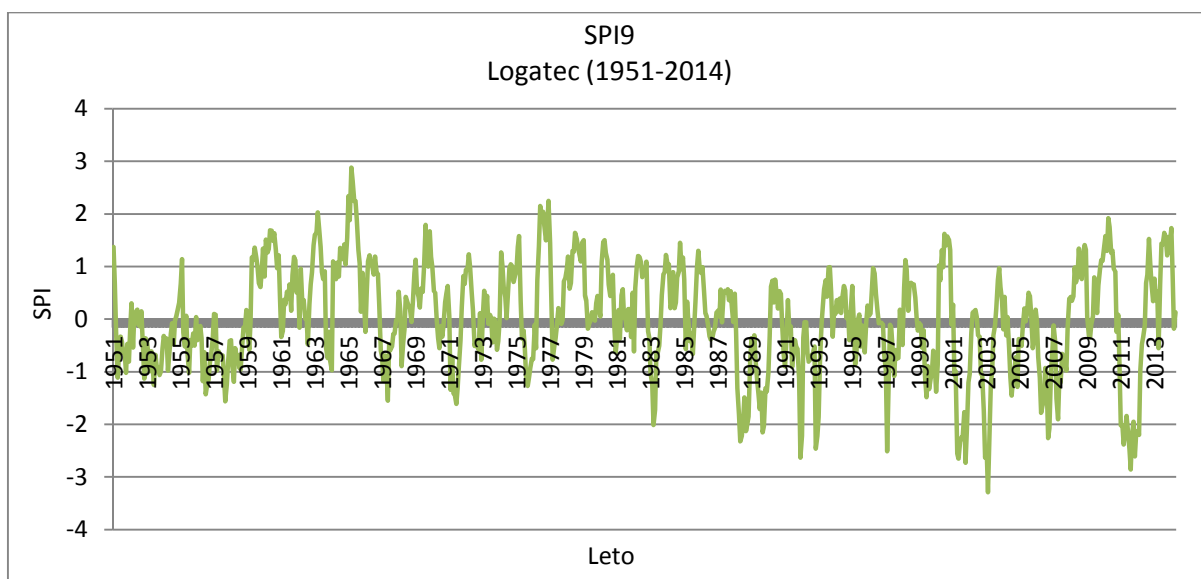
4.2.7 Meteorološka postaja Logatec

Za meteorološko postajo Logatec so na slikah 36 in 37 prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI1 in SPI9, ostale vrednosti SPI pa so v prilogi A.

Na enomesečni časovni skali smo dobili za Logatec v marcu 1953, aprilu 1955, decembru 1956, maju 1958 in avgustu 1962 velike negativne vrednosti glede na dolgoletno povprečje. Jakost suše je bila ekstremna, saj so bile vrednosti indeksa okoli -3. V tem obdobju se pojavlja suša tudi na SPI2 in SPI3, ki pa se le redko pojavlja kot ekstremna. Na krajših časovnih skalah se hitreje menjavajo sušna obdobja in obdobja padavin.



Slika 36: Enomesečni SPI za postajo Logatec za obdobje 1951-2014



Slika 37: Devetmesečni SPI za postajo Logatec za obdobje 1951-2014

V obdobju 1951-1988 se ekstremna suša pojavi le na krajših časovnih skalah. Na daljših časovnih skalah smo imeli od leta 1958 do 1988 predvsem obdobja padavin. V septembru 1965 se kažejo velike pozitivne vrednosti na vseh časovnih skalah. Največjo pozitivno vrednost izkazuje SPI3 in sicer 3,04. Septembra 1965 smo imeli velike poplave na nekaterih območjih Slovenije, kar je zapisal tudi Trontelj (1997).

V sedemdesetih in osemdesetih letih kažejo vrednosti SPI1, SPI2 in SPI3 večje število sušnih obdobj, prav tako pa so se pojavljala obdobja z močnimi padavinami. Največje primanjkljaje padavin smo imeli v letih 1970, 1971, 1983, 1985, 1988. V začetku leta 1989 smo na trimesečni časovni skali dobili ekstremno negativno vrednost -3,59, prav tako pa smo dobili negativne vrednosti na ostalih časovnih skalah. O izredno sončni in topli zimi v letu 1989 je zapisal tudi Trontelj (1997).

Sušni dogodki so bili po letu 1990 bolj pogosti, to opazimo predvsem na krajših časovnih skalah, pojavijo pa se tudi na daljših časovnih skalah. Na SPI9 in SPI12 se pojavi več daljših obdobj z negativnim primanjkljajem, ki presegajo ekstremno sušo. Najdemo jih v letih 2001/2002 (december-julij), 2003 (avgust-november), 2011/2012 (september-oktober). Za leto 2003 smo dobili na vseh časovnih skalah velike negativne vrednosti v poletnem obdobju, saj je po večini države padavin primanjkovalo (Cegnar, 2003). SPI6 in SPI9 kažeta v avgustu in oktobru ekstremni primanjkljaj padavin (-3,24, -3,29). SPI1 doseže največjo negativno vrednost v aprilu 2007 (-3,44), ko je padlo 6 mm padavin. Proti koncu leta 2011 in v letu 2012 smo imeli zelo intenzivno sušo, ki se je odrazila predvsem v kmetijstvu (Brenčič, 2012). V poletnih mesecih rezultati indeksov kažejo primanjkljaj padavin na vseh časovnih skalah, največje negativne vrednosti pa smo dobili na SPI9 in SPI12. V juliju 2012 je na letni časovni skali dosežena ekstremna suša (-3,11). Naslednje leto v enakem obdobju pa se zgodi ekstremni primanjkljaj padavin na dvomesečni časovni skali (-3,2). Količina padavin, ki je padla v juniju in juliju je bila izredno majhna, zgolj 86 mm.

V preglednici 10 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

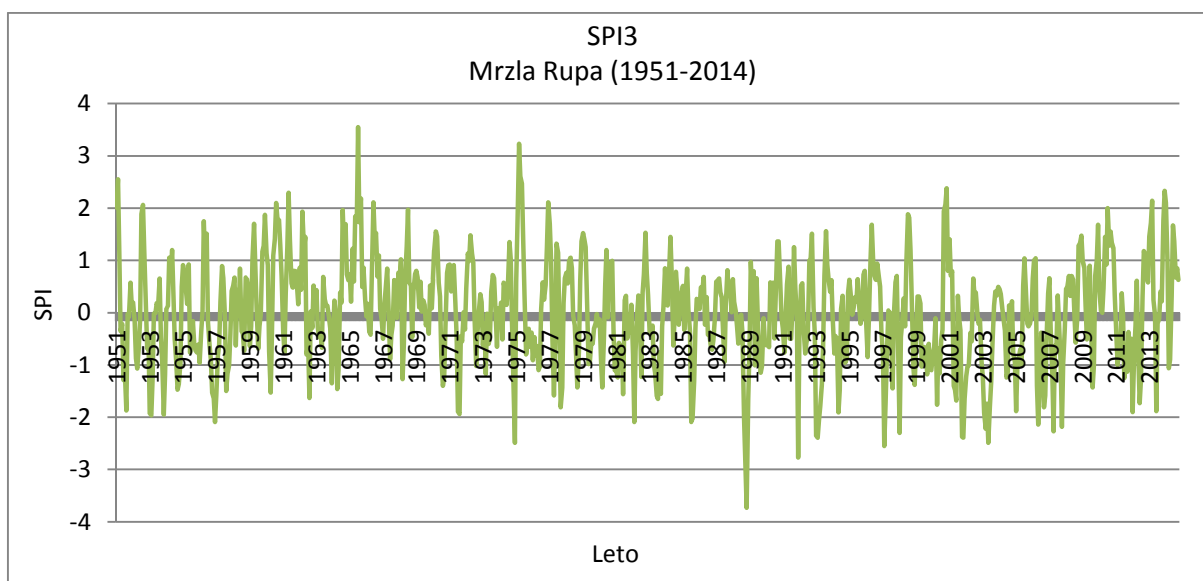
Preglednica 10: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Logatec s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	april 2007	-3,44	6
SPI2	julij 2013	-3,2	86
SPI3	januar 1989	-3,59	74
SPI6	avgust 2003	-3,24	392
SPI9	oktober 2003	-3,29	809
SPI12	julij 2012	-3,11	1064

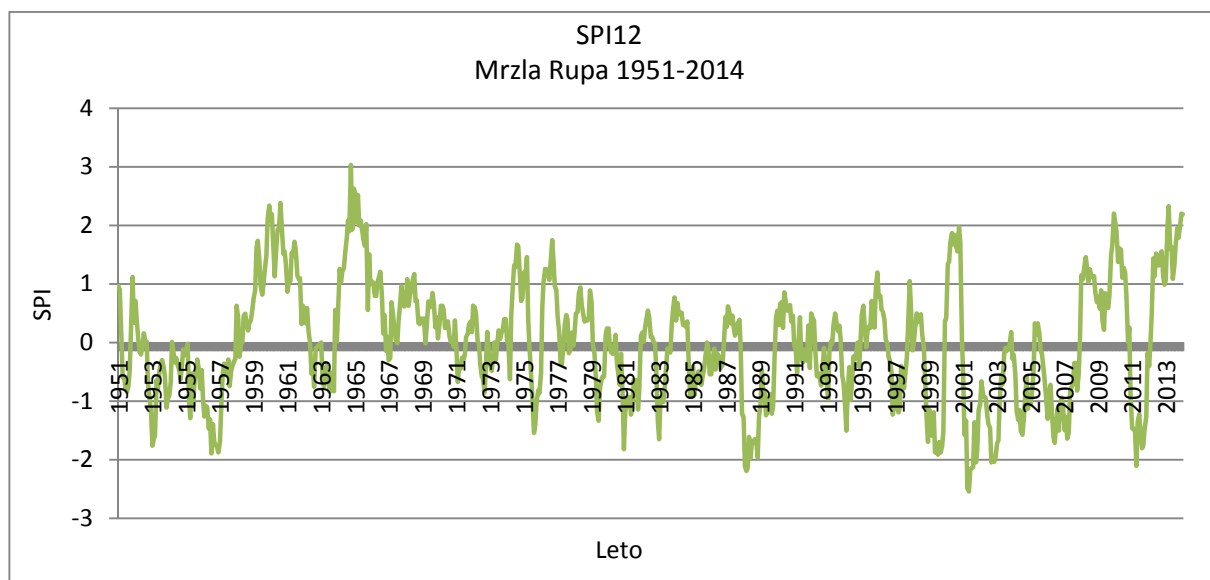
4.2.8 Meteorološka postaja Mrzla Rupa

Za meteorološko postajo Mrzla Rupa so na slikah 38 in 39 prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI3 in SPI12, ostale izračunane vrednosti SPI pa so v prilogi A.

Na meteorološki postaji Mrzla Rupa, se je v petdesetih letih suša bolj pogosto pojavljala na krajših časovnih skalah, z večjo intenziteto. Jakost suše je največja na SPI1, SPI2 in SPI3. Največji padavinski primanjkljaj je bil v letih 1953, 1956 in 1957. Na letni časovni skali so se od začetka opazovanega obdobja pa do leta 1958 dogajala predvsem obdobja suš, ki niso presegala ekstremnih vrednosti. Po tem obdobju pa se graf obrne v pozitivno smer, kjer dobimo presežke padavin, ki trajajo do leta 1971. V sedemdesetih letih se ekstremna suša pojavi na SPI1 in sicer v marcu 1973, ko je zapadlo 1 mm padavin, ter na SPI3 v februarju 1975, ko je bila trimesečna vsota padavin 149 mm. Sušni dogodki v enakem obdobju na dvomesečni skali ne presegajo ekstremnih vrednosti. V aprilu, maju in avgustu 1975, rezultati kažejo ekstremne presežke padavin. SPI2, SPI3 in SPI6 so dosegli vrednosti krepko čez 3, proti koncu leta pa so indeksi spet dosegli normalne vrednosti. Na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) so bile suše bolj pogoste po letu 1980. Jakost suše je na SPI9 večja kot na SPI12, vendar pa je njuno trajanje podobno. V septembru in oktobru 1985 smo imeli na SPI1, SPI2 in SPI3 primanjkljaj padavin, ki pa je bil v mejah zmerne in ekstremne suše. Proti koncu leta 1988 in v začetku leta 1989 so se na vseh časovnih skalah pojavile izrazite negativne vrednosti, ki pa so se postopoma zmanjševale do normalnih razmer do konca leta 1990. Največji primanjkljaj padavin je bil na SPI2 v decembru 1988 (-3,15) in na SPI3 v januarju 1989 (-3,73).



Slika 38: Trimesečni SPI za postajo Mrzla Rupa za obdobje 1951-2014



Slika 39: Dvanajstmesečni SPI za postajo Mrzla Rupa za obdobje 1951-2014

Po letu 1990 postanejo suše na krajših časovnih skalah (SPI1, SPI2, SPI3 in SPI6) zopet bolj pogoste in intenzivnejše. Enomesečni indeks doseže največje negativne vrednosti v letih 1991, 1998, 2003, 2006 in 2007 (-2,67, -2,57, -3,03, -3,17, -2,91). V letih 1992, 1997 in 2003 kaže SPI3 večja negativna odstopanja, ki so presegla ekstremne vrednosti. Na daljših časovnih skalah (SPI6 in SPI9) se pojavijo v avgustu in oktobru 2003 ekstremni primanjkljaji padavin (-2,97, -2,91). Suša je bila najbolj izrazita julija 2006 (SPI2), ko je prizadela predvsem kmetijski sektor (Sušnik in sod., 2013). Vrednost indeksa SPI2 je bila -3,27.

Daljša obdobja primanjkljaja padavin na letni časovni skali so pogostejša v zadnjih dveh desetletjih. Hudo in ekstremno sušo smo imeli v letih 1989 (januar-oktober), 2000 (februar-oktober), 2002 (januar-oktober), 2003/2004 (julij-januar), 2011/2012 (december-marec), 2012 (junij-september).

V preglednici 11 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 11: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Mrzla Rupa s pripadajočimi vsotami padavin

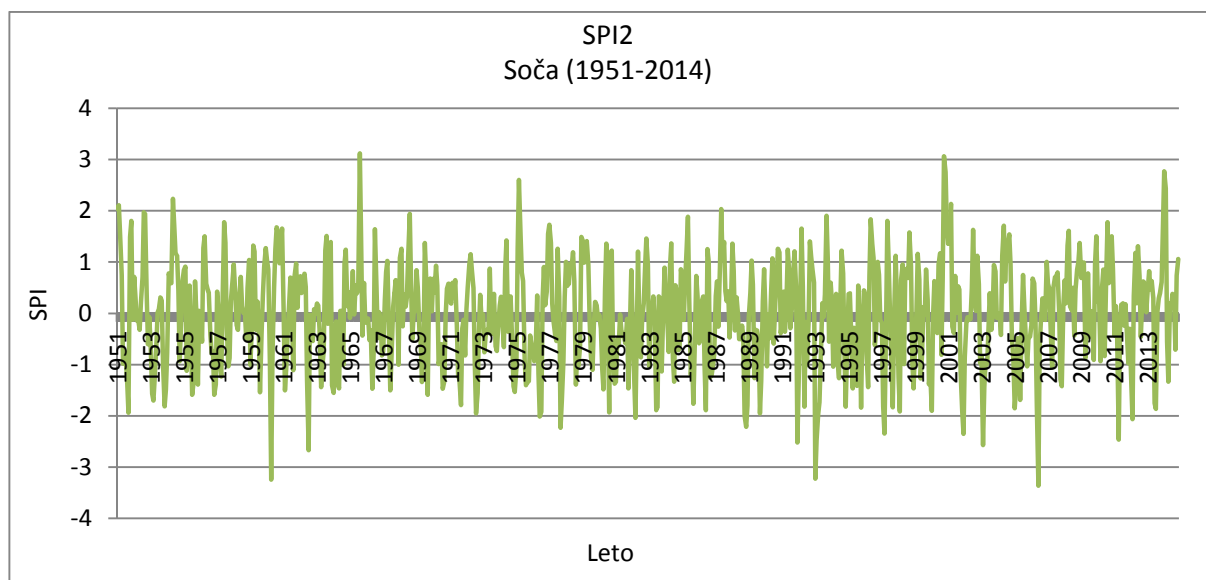
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	junij 2006	-3,17	33
SPI2	julij 2006	-3,27	88
SPI3	januar 1989	-3,73	85
SPI6	avgust 2003	-2,97	590
SPI9	oktober 2003	-2,91	1059
SPI12	april 2002	-2,54	1626

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost junija 2006, ko je v Mrzli Rupi padlo 33 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 88 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za januar (vsota padavin v novembru in decembru 1988 ter januarju 1989) je bila najmanjša leta 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 85 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša aprila 2002, ko je od maja 2001 do aprila 2002 padlo skupaj 1626 mm padavin.

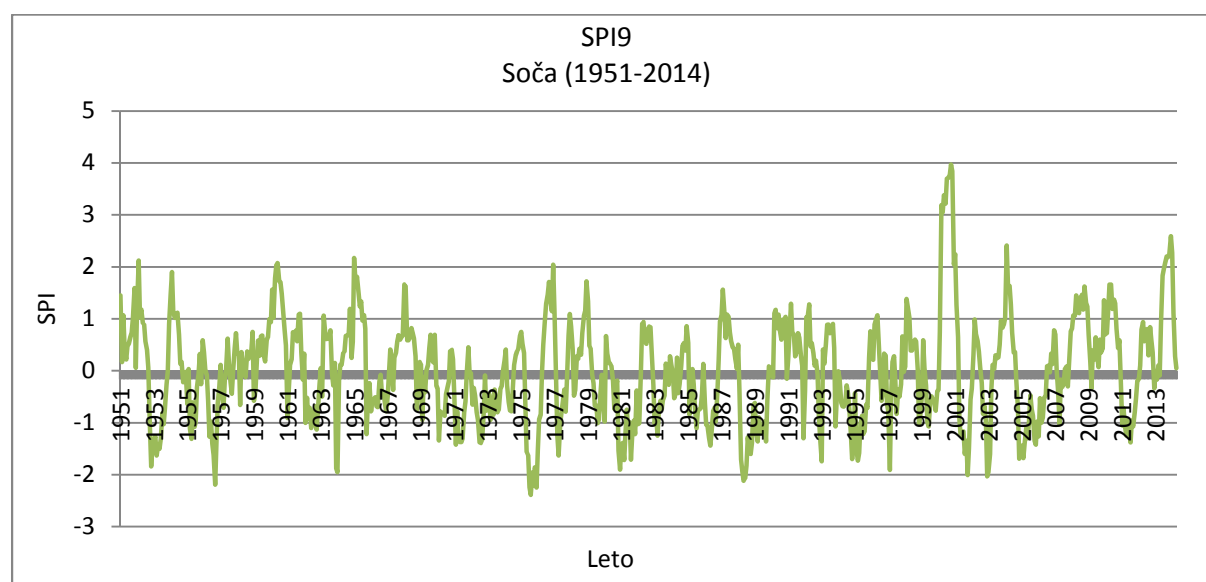
4.2.9 Meteorološka postaja Soča

Za meteorološko postajo Soča so izračunane vrednosti indeksa SPI2 in SPI9 prikazane na slikah 40 in 41, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

Vrednosti SPI1 v prvih štirih letih kažejo hudo sušo, v letih 1955, 1956 in 1959 pa ekstremno sušo. Večji negativni vrednosti na dvomesečni skali smo dobili v maju 1960 in v avgustu 1962 (-3,24, -2,67). Do leta 1976 se na SPI2 pojavlja suša, ki ne presega ekstremnih vrednosti in padavine, ki dosežejo večjo pozitivno vrednost konec leta 1965. Večja menjavanja sušnih in mokrih obdobj se kažejo na trimesečni in šestmesečni časovni skali. Na letni časovni skali ni opaznih ekstremno sušnih dogodkov, razen v letih 1953, 1954, 1976, 1981 in 1989. Leta 1976 smo dobili večje negativne vrednosti na daljših časovnih skalah. Na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) smo v aprilu in avgustu dobili ekstremne primanjkljaje padavin (-2,39, -3,02). SPI9 kaže podobne sušne in padavinske dogodke kot SPI12, le z večjim številom sušnih dni. Daljša obdobja negativnih vrednosti na devetmesečni časovni skali se pojavljajo v letih 1953/1954 (julij-februar), 1955/1956 (november-februar), 1957 (januar-junij), 1971/1972 (oktober-marec), 1973 (februar-junij), 1976 (januar-november), 1977/1978 (november-februar), 1981/1982 (julij-oktober), 1983 (september-december), 1986/1987 (oktober-maj), 1988/1990 (november-maj), 1995/1996 (junij-april), 2001/2002 (december-julij), 2003 (julij-oktober), 2005/2006 (julij-februar), 2011/2012 (september-maj).



Slika 40: Dvomesečni SPI za postajo Soča za obdobje 1951-2014



Slika 41: Devetmesečni SPI za postajo Soča za obdobje 1951-2014

V sedemdesetih, osemdesetih in devetdesetih letih se suša največkrat pojavi na krajših časovnih skalah z najnižjimi vrednostmi v letih 1976, 1977, 1981, 1982, 1983, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1997 in 1998. Največje negativne vrednosti SPI2, SPI3 in SPI6 smo dobili v začetku leta 1993 do pomladi, saj je bila količina padavin izjemno skromna (Trontelj, 1997). V marcu in juniju 1993 sta SPI3 in SPI6 dosegla ekstremne vrednosti (-2,97, -2,6). V novembru 2000 dobimo ekstremne pozitivne vrednosti na vseh časovnih skalah, kar pomeni, da smo imeli izjemno močne padavine. Na devetmesečni in letni časovni skali smo izračunali največje pozitivne vrednosti, ki so presegle vrednost 4. Ekstremna količina padavin je trajala od novembra 2000 pa do oktobra 2001. Količina padavin, ki je padla v mesecu novembru, je dosegla vrednost 1500 mm, kar je daleč od dolgoletnega povprečja za to obdobje. 17.

novembra 2000 se je zgodila velika katastrofa, ko je drobirski tok odplavil del Loga pod Mangartom in za seboj odnesel sedem življenj (Tušar, 2012). V letu 2003 in 2006 smo imeli v poletnih mesecih ekstremno sušo. Največje vrednosti SPI1 in SPI2 (-2,77, -3,36) smo izračunali junija in julija 2006. V letu 2006 je bilo veliko pomanjkanje padavin v poletnih mesecih, kar je povzročilo velik stres na kmetijskih rastlinah (Sušnik, 2006).

V preglednici 12 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 12: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Soča s pripadajočimi vsotami padavin

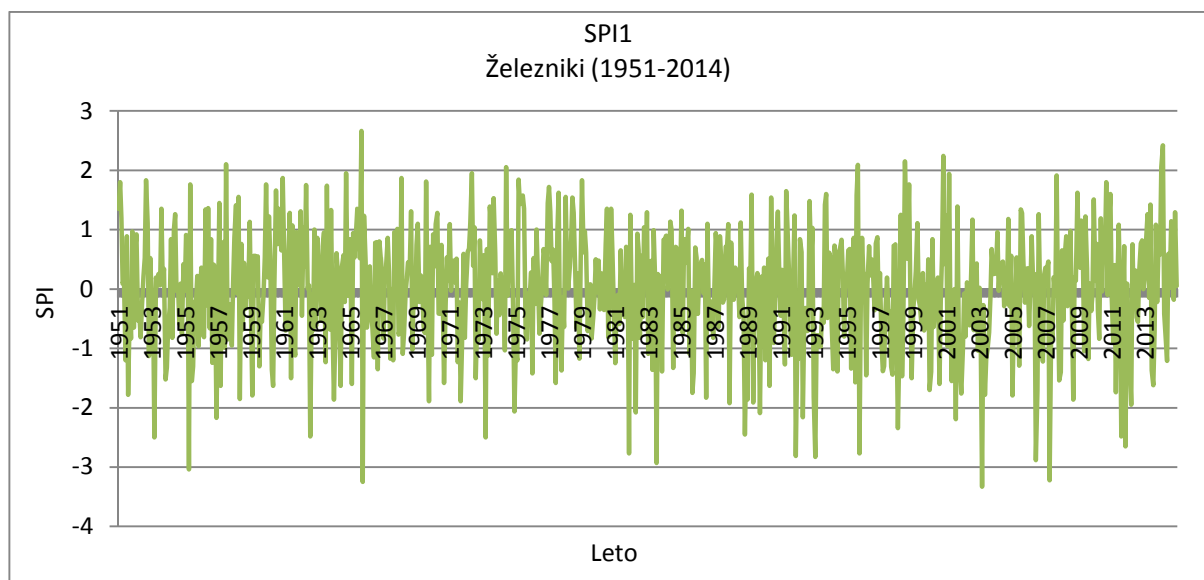
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	junij 2006	-2,77	36
SPI2	julij 2006	-3,36	70
SPI3	marec 1993	-2,97	24
SPI6	junij 1993	-2,6	390
SPI9	april 1976	-2,39	970
SPI12	avgust 1976	-3,02	1329

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost junija 2006, ko je na Soči padlo 36 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 70 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za marec (vsota padavin v januarju, februarju in marcu) je bila najmanjša leta 1993, ko je od januarja do marca padlo 24 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša avgusta 1976, ko je od septembra 1975 do avgusta 1976 padlo skupaj 1329 mm padavin.

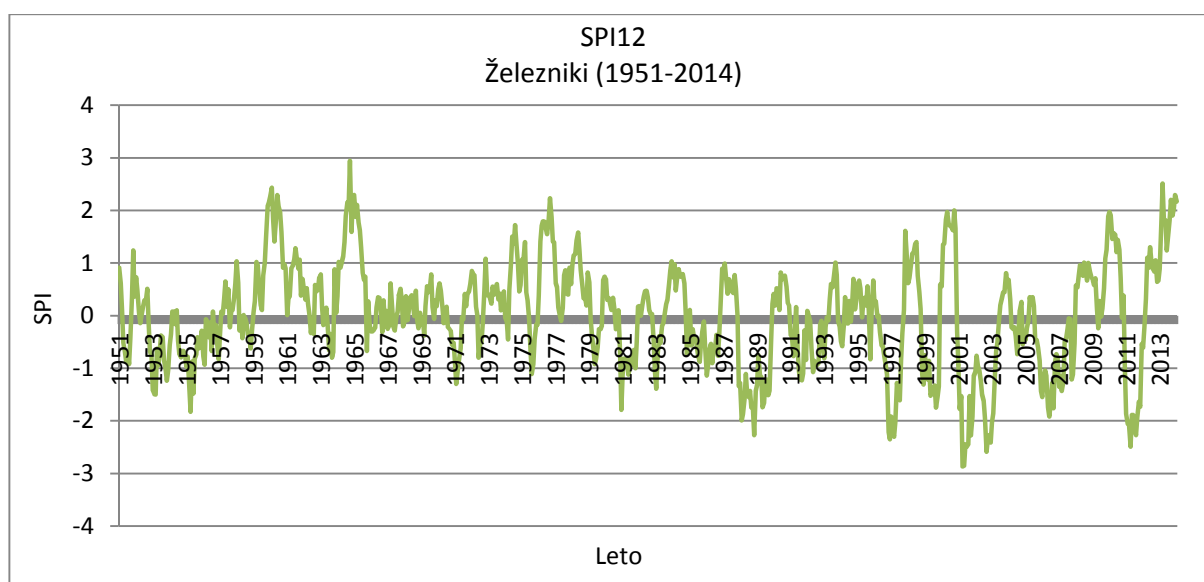
4.2.10 Meteorološka postaja Železniki

Izračunane vrednosti indeksa SPI1 in SPI12 za meteorološko postajo Železniki so prikazane na slikah 42 in 43, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

V Železnikih so rezultati na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) v obdobju 1951-1988 izkazali zmerno ali hudo sušo. Po tem obdobju dobimo večje negativne vrednosti, predvsem v zadnjih dveh desetletjih. Na krajših časovnih skalah se pojavi več ekstremnih dogodkov, na SPI3 in SPI6 pa je suša izrazitejša po letu 1988.



Slika 42: Enomesečni SPI za postajo Železniki za obdobje 1951-2014



Slika 43: Dvanajstmesečni SPI za postajo Železniki za obdobje 1951-2014

V marcu 1953 in v aprilu 1955 vrednosti SPI1 kažejo ekstremno sušo. Konec leta 1956 se zopet pojavi ekstremna suša, potem pa se do leta 1962 intenzivnost zmanjšuje. Vrednosti SPI2 in SPI3 kažejo na večje suše v letih 1953, 1955, največjo negativno vrednost pa dosežejo maja 1960 (-2,65).

V obdobju 1961-1982 imamo na krajših časovnih skalah negativne vrednosti, ki se gibljejo v mejah zmerne in hude suše. Izjeme so v letih 1962, 1965, 1971, 1973 in 1975, ko je bila ekstremna suša. V septembru 1965 imajo konice na vseh časovnih skalah velike pozitivne vrednosti, kar nakazuje na ekstremno močne padavine. Tudi Trontelj (1997) je zapisal, da so bile v tem času velike poplave na območju Železnikov. Leta 1975 se pojavljajo v

pomladanskem in poletnem obdobju zopet večje pozitivne vrednosti na krajših časovnih skalah. Največja vrednost je zabeležena v avgustu na SPI6 (3,33), ko je od marca do avgusta zapadlo kar 1508 mm padavin. Po tem obdobju so se padavine počasi zmanjševale do leta 1990, ko se zopet pojavijo obdobja močnejših padavin.

V osemdesetih in devetdesetih letih se na krajših časovnih skalah pojavijo bolj pogoste in močnejše suše. Po letu 1982 se večina primanjkljaja padavin na SPI1 in SPI2 odraža v ekstremnih sušah. Najnižje vrednosti SPI1 so bile v letih 1981, 1983, 1991, 1993 in 1995, ko je novembra 1981 v Železnikih padlo 11 mm padavin, julija 1983 27 mm, decembra 1991 11 mm, februarja 1993 2 mm in oktobra 1995 5 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali se pojavijo največje negativne vrednosti v decembru 1988 in v februarju 1993, ko je padlo 2 mm padavin. Ob koncu leta 1988 in v začetku leta 1989 so na vseh časovnih skalah izrazite nizke vrednosti. Zima 1992/1993 je bila ekstremno suha, sončna, z malo snega. Rezultati SPI9 so dosegli ekstremno negativno vrednost oktobra 1997, ki znaša -3,72.

Leta 2002, 2003 in 2012 spadajo med hidrološko najbolj suha leta, kar je posledica upadanja letne količine padavin (Sušnik in sod., 2013). Na letnih in devetmesečnih časovnih skalah imamo v vseh teh letih ekstremne primanjkljaje padavin, kar se kaže v upadanju pretokov rek in podzemnih voda. Leto 2003 je bilo najbolj pereče, saj je večino slovenskega ozemlja prizadela ekstremno huda suša. Kmetijska suša se pojavi leta 2003, 2006, 2007 in 2013 v poletnih obdobjih.

V preglednici 13 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 13: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Železniki s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	marec 2003	-3,33	1
SPI2	februar 1993	-3,36	5
SPI3	januar 1989	-3,33	77
SPI6	avgust 2003	-3,51	431
SPI9	oktober 1997	-3,72	727
SPI12	marec 2002	-2,87	1094

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost marca 2003, ko je v Železnikih padlo 1 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost februarja 1993, ko je v januarju in februarju padlo 5 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za januar (vsota padavin v novembru in decembru 1988 ter januarju 1989) je bila najmanjša leta 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 77 mm padavin.

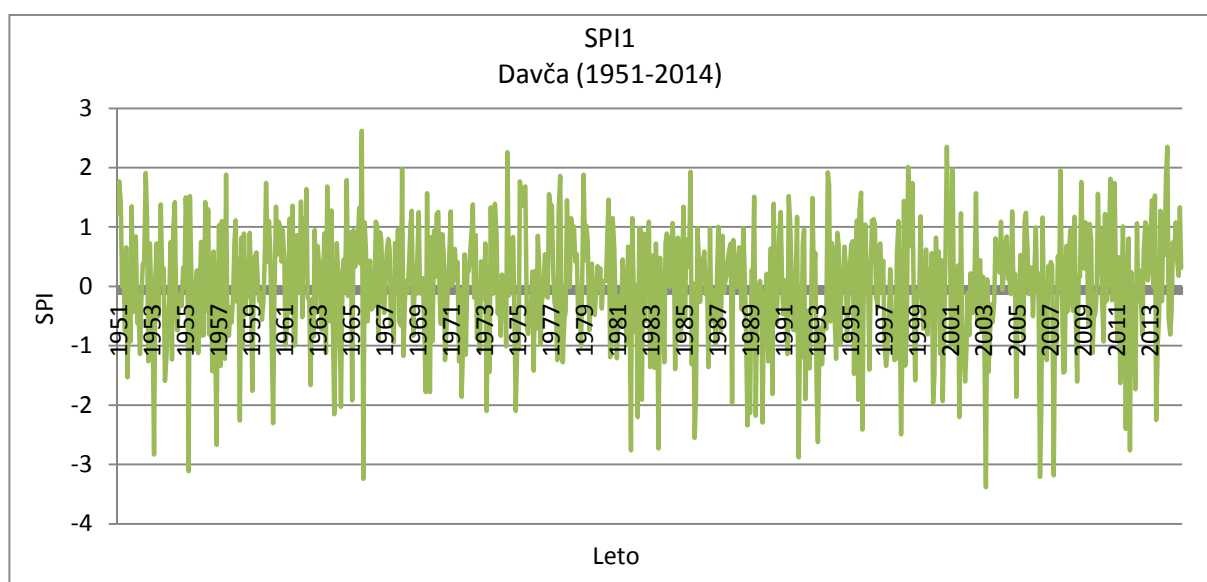
Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša marca 2002, ko je od aprila 2001 do marca 2002 padlo skupaj 1094 mm padavin.

4.2.11 Meteorološka postaja Davča

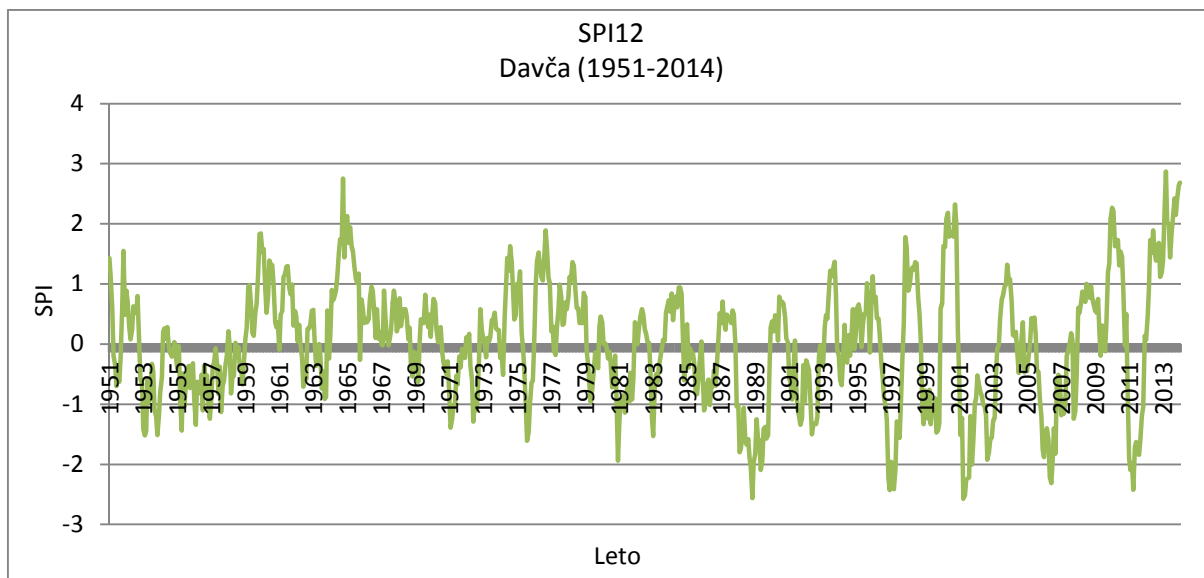
Za meteorološko postajo Davča dobimo podobne rezultate vrednosti indeksov SPI, kot za postajo Železniki. Prostorsko gledano sta si postaji blizu, zato lahko sklepamo, da so bile mesečne vrednosti padavin zelo podobne. Rezultati indeksa SPI1 in SPI12 za meteorološko postajo Davča so prikazani na slikah 44 in 45, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

Na krajših časovnih skalah smo v Davči dobili podobne vrednosti indeksov kot v Železnikih. Največja odstopanja se pojavijo v začetku petdesetih in sredini osemdesetih let. Na območju Davče je bila jakost suše na enomesečni časovni skali nekoliko večja v primerjavi z Železniki, na SPI2 in SPI3 pa je opaziti povečanje suše v Železnikih.

Na daljših časovnih skalah se v Železnikih od začetka opazovanega obdobja pa vse tja do devetdesetih let pojavljajo močnejše padavine, po tem obdobju pa se je več padavin pojavljalo na območju Davče. Jakost suše je na obeh postajah podobna, v zadnjih letih pa je suša izrazitejša v Železnikih.



Slika 44: Enomesečni SPI za postajo Davča za obdobje 1951-2014



Slika 45: Dvanajstmesečni SPI za postajo Davča za obdobje 1951-2014

V preglednici 14 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 14: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Davča s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	marec 2003	-3,38	1
SPI2	julij 2006	-3,97	80
SPI3	januar 1989	-3,33	79
SPI6	julij 1993	-3,02	439
SPI9	oktober 1997	-3,92	734
SPI12	marec 2002	-2,57	1196

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost marca 2003, ko je v Davči padlo 1 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 80 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za januar (vsota padavin v novembru in decembru 1988 ter januarju 1989) je bila najmanjša leta 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 79 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša marca 2002, ko je od aprila 2001 do marca 2002 padlo skupaj 1196 mm padavin.

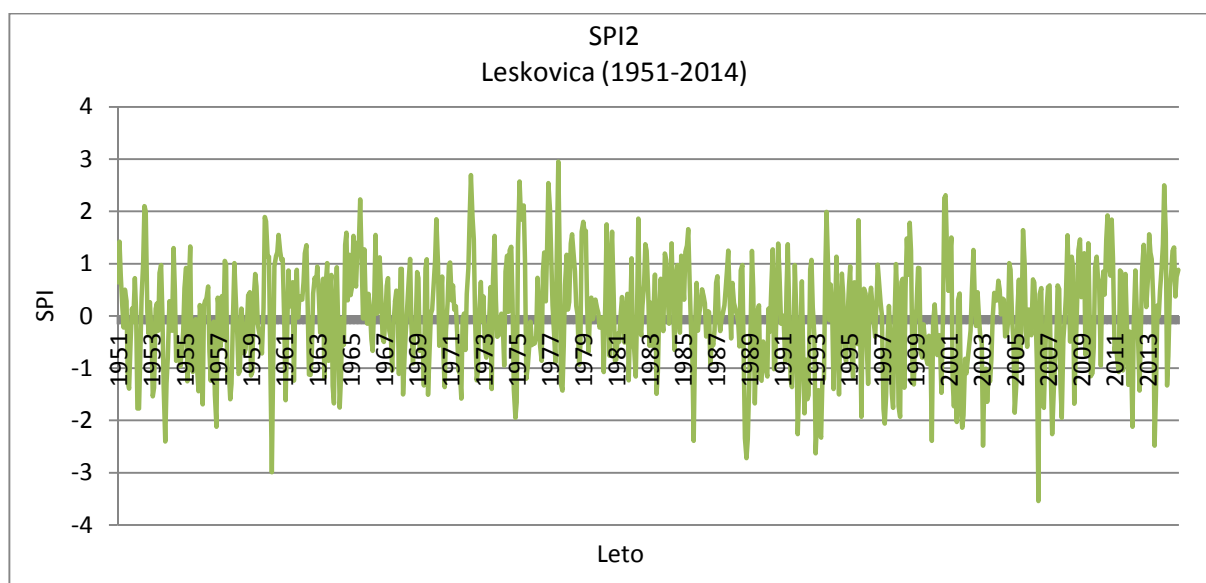
4.2.12 Meteorološka postaja Leskovicca

Tudi na meteorološki postaji Leskovicca smo dobili podobne vrednosti indeksov SPI, kot na postajah Davča in Železniki. Vrednosti indeksa SPI so močno povezane s prostorsko porazdelitvijo padlih padavin v določenem časovnem obdobju (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008). Skozi celotno opazovano obdobje imamo na meteoroloških postajah Leskovicca,

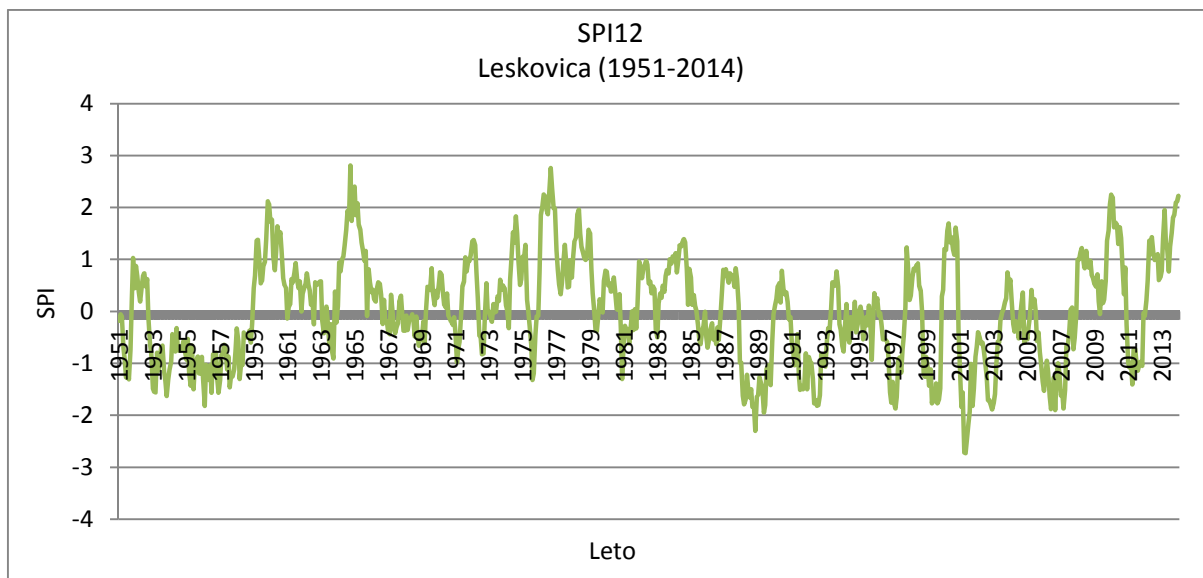
Davča in Železniki zelo podoben vzorec pojavljanja sušnih in mokrih obdobj, predvsem na krajših časovnih skalah. Rezultati indeksa SPI2 in SPI12 so prikazani na slikah 46 in 47, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

Čas nastopa in trajanje sušnih obdobj je podoben, vendar pa nastanejo majhne razlike v jakosti suše. Najnižje dosežene vrednosti SPI na različnih časovnih skalah se pojavijo na postajah Leskoviča in Davča v enakem obdobju.

Največjo razliko opazimo na letni časovni skali, kjer se v celotnem opazovanem obdobju (1951-2014) ekstremna suša pojavi samo v letih 1989 in 2002, na postajah Davča in Železniki pa je teh dogodkov več.



Slika 46: Dvomesečni SPI za postajo Leskoviča za obdobje 1951-2014



Slika 47: Dvanajstmesečni SPI za postajo Leskovica za obdobje 1951-2014

V preglednici 15 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 15: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Leskovica s pripadajočimi vsotami padavin

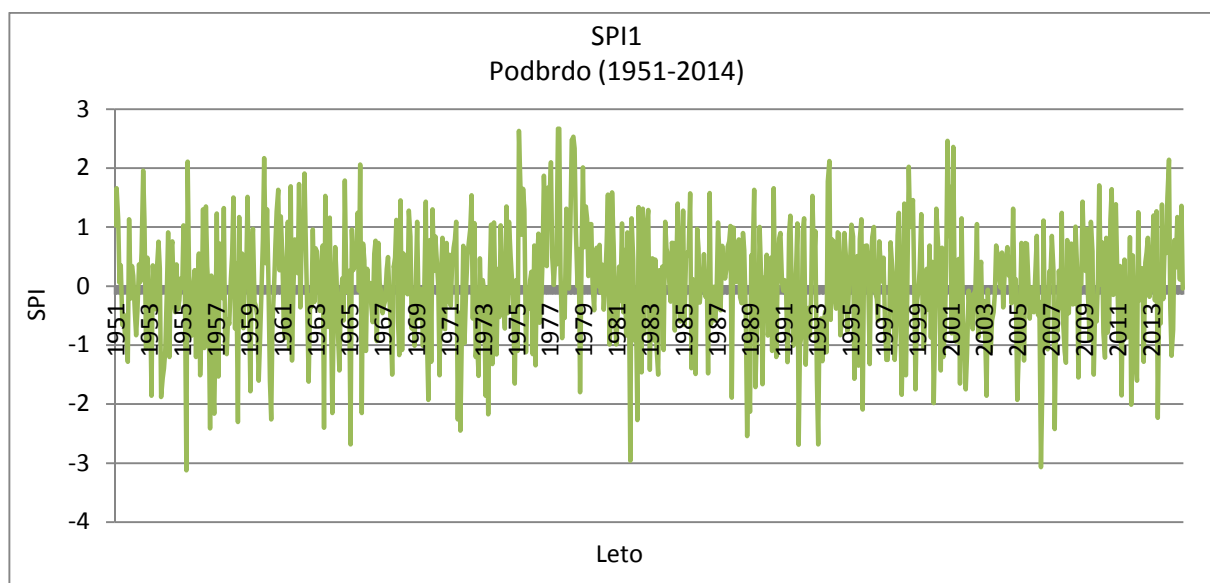
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	marec 2003	-3,37	1
SPI2	julij 2006	-3,54	87
SPI3	januar 1989	-3,26	77
SPI6	julij 1993	-3,18	413
SPI9	oktober 1997	-3,2	838
SPI12	marec 2002	-2,73	1146

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost marca 2003, ko je v Leskovici padlo 1 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 87 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za januar (vsota padavin v novembru in decembru 1988 ter januarju 1989) je bila najmanjša leta 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 77 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša marca 2002, ko je od aprila 2001 do marca 2002 padlo skupaj 1146 mm padavin.

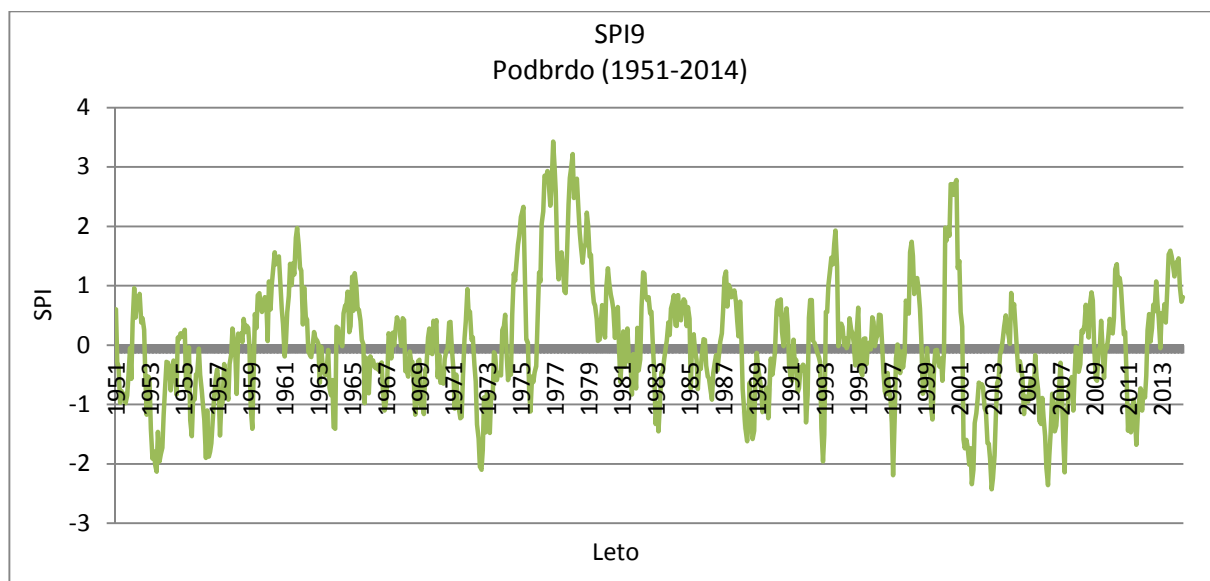
4.2.13 Meteorološka postaja Podbrdo

Za meteorološko postajo Podbrdo so na slikah 48 in 49 prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI1 in SPI9, ostale izračunane vrednosti SPI pa so v prilogi A.

V petdesetih in šestdesetih letih se ekstremne suše v Podbrdu pojavijo predvsem na krajših časovnih skalah. Najbolj pogoste so na mesečni skali z največjo negativno vrednostjo v aprilu 1955, ko je padlo 13 mm padavin. Na SPI2 se v tem obdobju pojavi 5 ekstremnih suš v letih 1953, 1956, 1957, 1960 in 1969. Proti koncu leta 1953 in v začetku leta 1954 se pojavijo večje negativne vrednosti na vseh časovnih skalah. Vrednosti SPI6 in SPI12 kažejo ekstremni padavinski primanjkljaj v januarju in februarju 1954. Med letoma 1961 in 1971 kažejo vrednosti SPI9 in SPI12 desetletno obdobje zmernih suš.



Slika 48: Enomesečni SPI za postajo Podbrdo za obdobje 1951-2014



Slika 49: Devetmesečni SPI za postajo Podbrdo za obdobje 1951-2014

V obdobju 1975-1979 je opazen velik presežek padavin, ki se meri v ekstremnih vrednostih. V nekaterih primerih indeksi dosežejo velike pozitivne vrednosti, ki sežejo vse do +3,80. Tudi

Trontelj (1997) zapiše, da smo imeli v oktobru 1978 in januarju 1979 velike poplave na območju Tolmina. Na enomesečni skali se v novembru 1981 in aprilu 1982 pojavita večji negativni vrednosti (-2,96, -2,27), saj je padlo le 6 mm in 31 mm padavin. Do leta 1988 beležimo obdobje zmernih suš, proti koncu leta pa se na krajših časovnih skalah pojavi ekstremna suša. Najnižjo vrednost doseže SPI3 v začetku leta 1989, in sicer -3,17. V devetdesetih letih sta se pojavili dve ekstremno suhi in sončni zimi. Prva je bila leta 1991/1992, ko so indeksi SPI1, SPI2 in SPI3 dosegli zelo visoke negativne vrednosti (-2,7). V treh mesecih od decembra 1991 pa do februarja 1992 je padlo samo 88 mm padavin. Druga ekstremno suha zima je bila naslednje leto, ko smo imeli veliko pomanjkanje padavin vse do začetka pomladi. Tudi Trontelj (1997) piše o izredno toplih in suhih zimah v tem obdobju. V poletnih mesecih leta 1993 vrednosti SPI6 kažejo ekstremno sušo, ki traja od junija do avgusta. Do konca tisočletja se na SPI6 izmenjujejo daljša obdobja s padavinami in zmernimi sušami.

V letu 2001 se na daljših časovnih skalah pojavijo velike pozitivne vrednosti indeksov, kar je posledica velikih novembrskih poplav v letu 2000 na območju Tolmina. Izjemno močne padavine so sprožile številne zemeljske plazove (Tušar, 2012). Leta 2003 vrednosti SPI6 in SPI9 kažejo v poletnih mesecih ekstremno sušo. Slednja je imela v avgustu največji primanjkljaj padavin (-2,43). Tudi v letih 2006 in 2007 se na krajših časovnih skalah pojavijo negativna odstopanja v poletnih mesecih. V juliju vrednosti SPI2 kažejo ekstremni vodni primanjkljaj, saj je bila količina padavin v juniju in juliju izrazito majhna. V zadnjih petnajstih letih se nam v poletnem obdobju pogostokrat pojavlja kmetijska suša, ki je vse bolj izrazita (Sušnik in sod., 2013). Po letu 2000 so na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) suše bolj pogoste in izrazitejše.

V preglednici 16 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 16: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Podbrdo s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	april 1955	-3,12	13
SPI2	julij 2006	-3,27	83
SPI3	januar 1989	-3,17	72
SPI6	februar 1954	-2,59	455
SPI9	avgust 2003	-2,43	808
SPI12	januar 1954	-2,41	1358

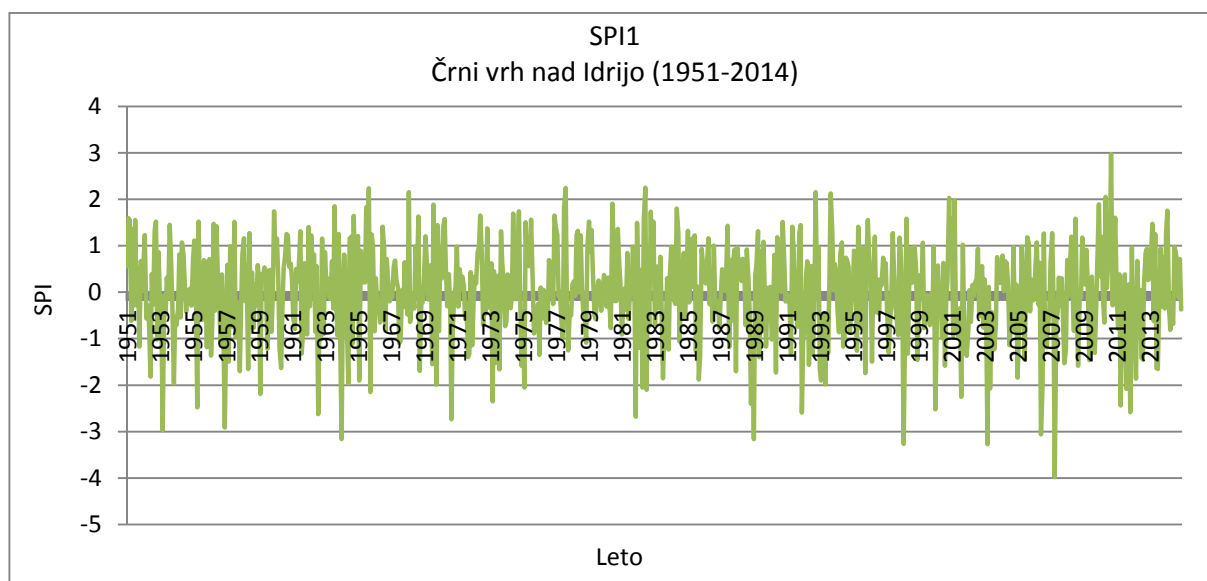
Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost aprila 1955, ko je v Podbrdu padlo 13 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo

vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 83 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za januar (vsota padavin v novembru in decembru 1988 ter januarju 1989) je bila najmanjša leta 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 72 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša januarja 1954, ko je od februarja 1953 do januarja 1954 padlo skupaj 1358 mm padavin.

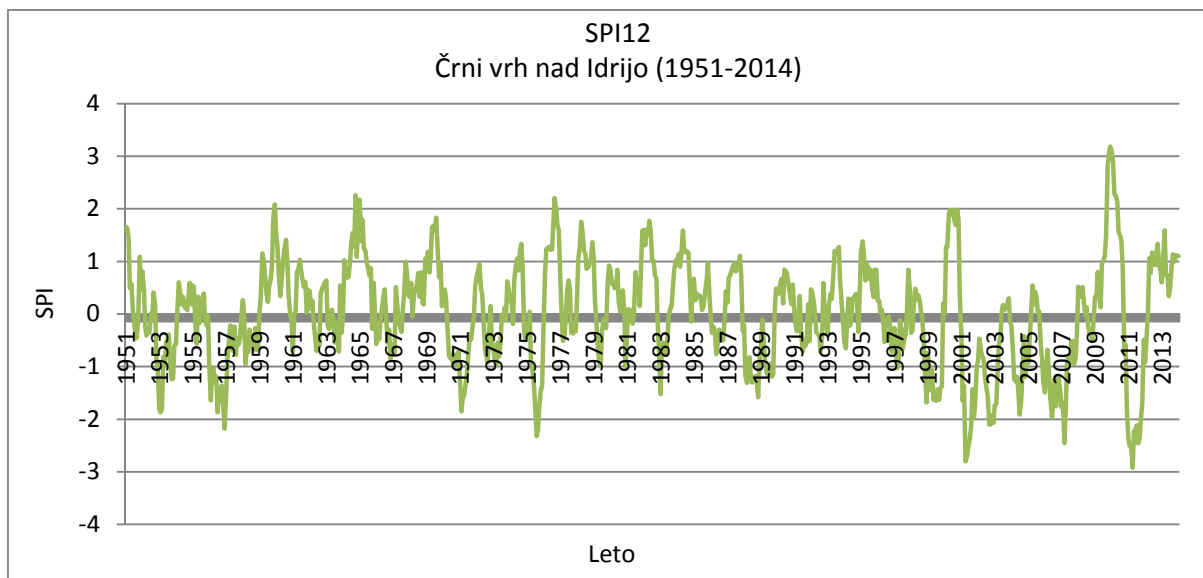
4.2.14 Meteorološka postaja Črni vrh nad Idrijo

Za meteorološko postajo Črni vrh nad Idrijo so na slikah 50 in 51 prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI1 in SPI12, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

Na meteorološki postaji Črni vrh nad Idrijo rezultati na letni časovni skali do leta 2002 kažejo dve večji ekstremni suši. Po tem času je teh dogodkov več. Večinoma se konice na grafih gibljejo v mejah normalne ali zmerne suše. Na krajših časovnih skalah je ekstremnih dogodkov več, še posebej na SPI1, SPI2 in SPI3.



Slika 50: Enomesečni SPI za postajo Črni vrh nad Idrijo za obdobje 1951-2014



Slika 51: Dvanajstmesečni SPI za postajo Črni vrh nad Idrijo za obdobje 1951-2014

Konec leta 1953 in v letu 1954 se na letni časovni skali pojavi huda suša (slika 51). V letih 1956, 1957, 1958 in 1959 sledi daljše obdobje negativnih vrednosti, ki traja 39 mesecev. Na krajših časovnih skalah tako dolgega niza negativnega indeksa ne zaznamo. Med leti 1959 in 1963 se pojavi daljše obdobje s padavinami. Viške padavin zaznamo tudi na devetmesečni časovni skali. Daljše negativno obdobje zaznamo ponovno v letih 1971 in 1972, ko je suša trajala 20 mesecev. V juliju 1976 se pojavi večji negativni odklon (-2,32), ko je od avgusta 1975 do julija 1976 padlo 1700 mm padavin. V celotnem obdobju (1951-2014) se na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) kažejo bolj mokra obdobja, po letu 2000 pa bolj izrazita in pogostejša obdobja suš. Nizke vrednosti indeksov na krajših časovnih skalah se pojavljajo proti koncu leta 1988 in v začetku leta 1989, kar potrjuje tudi Trontelj (1997). Najnižjo vrednost ima SPI3, ki je dosegel vrednost -3,31. V zimskih mesecih leta 1991/1992 se pojavi ekstremna suša na krajših časovnih skalah. Največji primanjkljaj zaznamo na tromesečni skali, ko je od decembra 1991 do februarja 1992 padlo le 170 mm padavin. V februarju 1993 se na dvomesečni skali pojavi ekstremna suša, katera se je nadaljevala v poletno obdobje. Velike primanjkljaje padavin kažejo tudi vrednosti SPI3, SPI6 in SPI9. V juliju je SPI6 dosegel ekstremno negativno vrednost (-3,19). Leto 1993 sodi med hidrološko najbolj suha leta do tega obdobja (Sušnik in sod., 2013). Do konca tisočletja smo imeli na mesečni časovni skali ekstremni primanjkljaj padavin še v februarju 1998, ko je padlo 2 mm padavin.

Po letu 2000 nam vrednosti SPI9 in SPI12 kažejo več ekstremnih sušnih dogodkov kot v preteklosti. Opaziti je tudi pogostejše pojavljanje ekstremne suše na krajših časovnih skalah (SPI1, SPI2 in SPI3), predvsem v poletnih mesecih. V letu 2003 smo imeli ekstremno suho in vroče poletje, ki ga zaznajo vse časovne skale. Med bolj vročimi poletji izstopata leti 2006 in

2007, ko je suša najbolj prizadela kmetijski sektor. V juliju 2006 in aprilu 2007 dosežeta SPI2 in SPI1 najnižje negativne vrednosti (-3,98, -3,87). Za leto 2010 dobimo na vseh časovnih skalah velike pozitivne vrednosti indeksov. Razlog za to so zelo močne in obsežne padavine v septembru, ki so zajele območje Ajdovščine in Idrije (Strojan in sod., 2010). Izredno velike primanjkljaje padavin pa beležimo v novembru 2011 in v marcu 2012, na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) (-2,92, -2,92). Obdobje negativnega primanjkljaja je trajalo 14 mesecev, od septembra 2011 do oktobra naslednje leto.

V preglednici 17 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

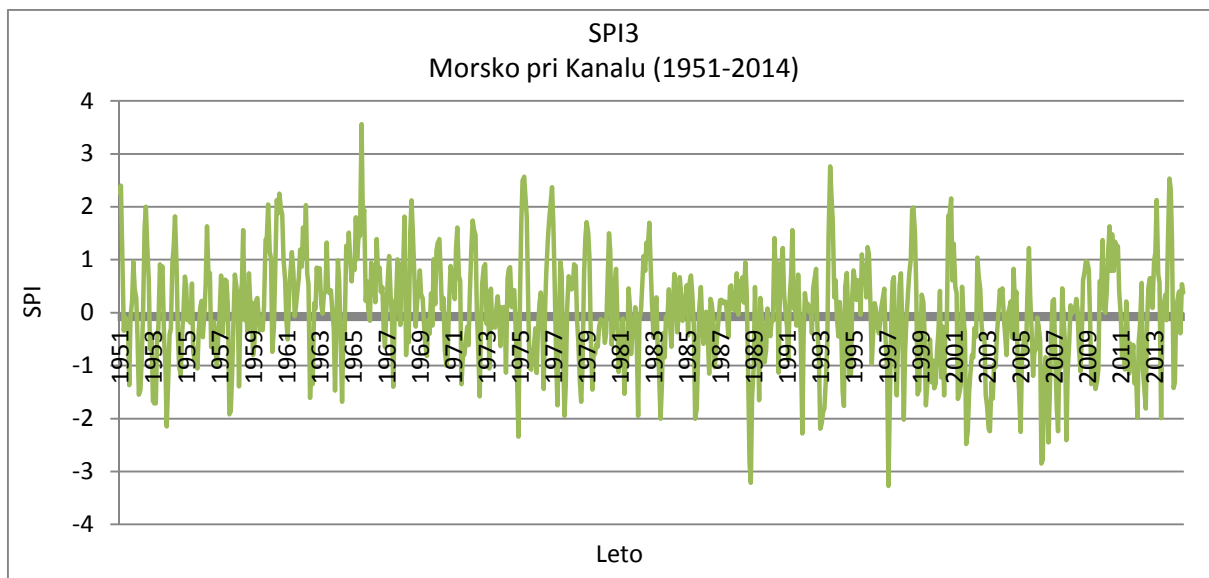
Preglednica 17: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Črni vrh nad Idrijo s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	april 2007	-3,98	4
SPI2	julij 2006	-3,87	69
SPI3	januar 1989	-3,31	157
SPI6	julij 1993	-3,19	503
SPI9	november 2011	-2,92	1092
SPI12	marec 2012	-2,92	1463

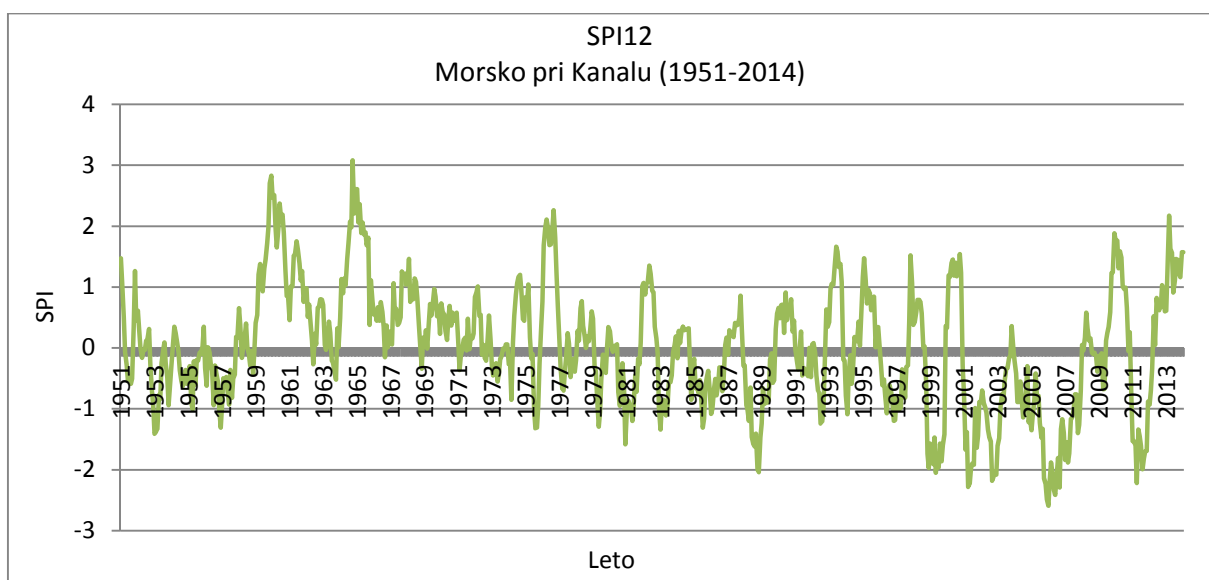
4.2.15 Meteorološka postaja Morsko pri Kanalu

Rezultati za meteorološko postajo Morsko pri Kanalu so prikazani na slikah 52 in 53, in sicer za vrednosti indeksa SPI3 in SPI12, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

Za meteorološko postajo Morsko pri Kanalu rezultati na letni časovni skali do leta 2000 izkazujejo eno ekstremno sušo, in sicer v letu 1989. V obdobju (1951-1981) dosegajo sušna obdobja jakost zmerne suše, saj je največja negativna vrednost enaka -1,41. Po letu 2000 je ekstremnih dogodkov več, podobno kot na postaji Črni vrh nad Idrijo.



Slika 52: Trimesečni SPI za postajo Morsko pri Kanalu za obdobje 1951-2014



Slika 53: Dvanajstmesečni SPI za postajo Morsko pri Kanalu za obdobje 1951-2014

V obdobju 1951-1988 je bilo pogostejše pojavljanje ekstremne suše opaziti predvsem na mesečni časovni skali. Dvo- in tromesečne vrednosti SPI kažejo ekstremno sušo v letih 1953, 1954, 1960, 1975, 1978, 1983 in 1985. Na daljših časovnih skalah se je od leta 1951 do 1960 pojavljala suša, ki ni presegala hude suše. Po tem obdobju smo imeli velike presežke padavin, ki so se postopoma zmanjševali do leta 1976, ko je nastopila zmerna suša. V letih 1960 in 1965 so konice na grafih dosegle velike pozitivne vrednosti, kar se lepo ujema tudi s podatki o velikih poplavah (Trontelj, 1997). Nizke vrednosti indeksov se pojavljajo na krajših časovnih skalah proti koncu leta 1988 in v začetku naslednjega leta. Indeks SPI3 je dosegel nizko vrednost v januarju 1989, ko je od novembra 1988 do januarja 1989 padlo 69 mm padavin. Po letu 1988 je suša postala izrazitejša na vseh časovnih

skalalah. V maju 1993 vrednosti SPI6 kažejo večji padavinski primanjkljaj, ki je trajal do avgusta. Na SPI2 in SPI3 se v devetdesetih letih pojavljajo večja negativna odstopanja kot na SPI1. Največjo negativno vrednost na tromesečni skali smo dobili v aprilu 1997, ko smo imeli pomladno sušo (-3,27). Večji padavinski primanjkljaj je pokazal SPI2 v marcu 1998, ko je v februarju in marcu padlo 20 mm padavin.

Po letu 2000 se pojavljajo daljša obdobja negativnih vrednosti indeksov v letih: 2001/2004 (november-september) (SPI12), 2001/2004 (oktober-maj) (SPI9), 2001/2002 (julij-julij) (SPI6), 2001/2002 (november-julij) (SPI2), 2004/2008 (december-november) (SPI12), 2004/2008 (november-november) (SPI9), 2005/2008 (oktober-maj) (SPI6), 2005/2007 (november-januar) (SPI3), 2009/2010 (julij-april) (SPI12), 2011/2013 (november-februar) (SPI12), 2011/2013 (avgust-februar) (SPI9), 2011/2013 (maj-januar) (SPI6), 2011/2012 (avgust-maj) (SPI3).

V maju 2003 je indeks SPI6 dosegel največjo ekstremno sušo. Leto 2006 je bilo rekordno leto najnižjih vrednosti SPI. V juniju in juliju so se pojavile najnižje vrednosti SPI1 in SPI2 (-3,71, -3,01), v decembru pa SPI9 in SPI12 (-2,85, -2,59).

V preglednici 18 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 18: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalalah v obdobju 1951-2014 na postaji Morsko pri Kanalu s pripadajočimi vsotami padavin

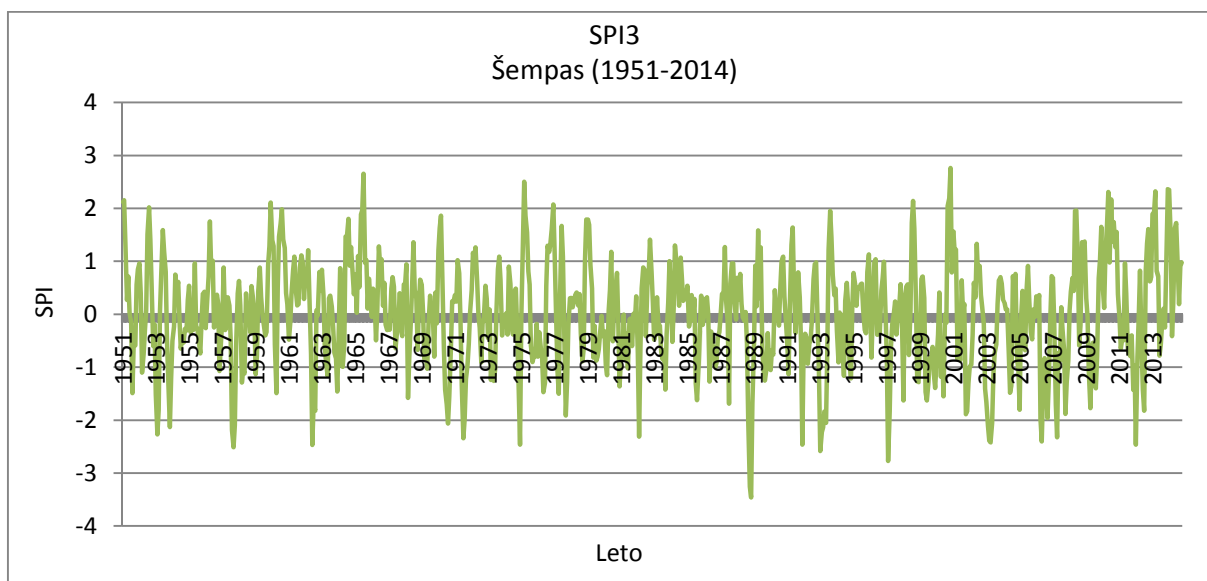
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	junij 2006	-3,71	13
SPI2	julij 2006	-3,01	91
SPI3	april 1997	-3,27	93
SPI6	maj 2003	-2,76	382
SPI9	december 2006	-2,85	902
SPI12	december 2006	-2,59	1282

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost junija 2006, ko je v Morskem pri Kanalu padlo 13 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost julija 2006, ko je v juniju in juliju padlo 91 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za april (vsota padavin v februarju, marcu in aprilu) je bila najmanjša leta 1997, ko je od februarja do aprila padlo 93 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša decembra 2006, ko je od januarja do decembra 2006 padlo skupaj 1282 mm padavin.

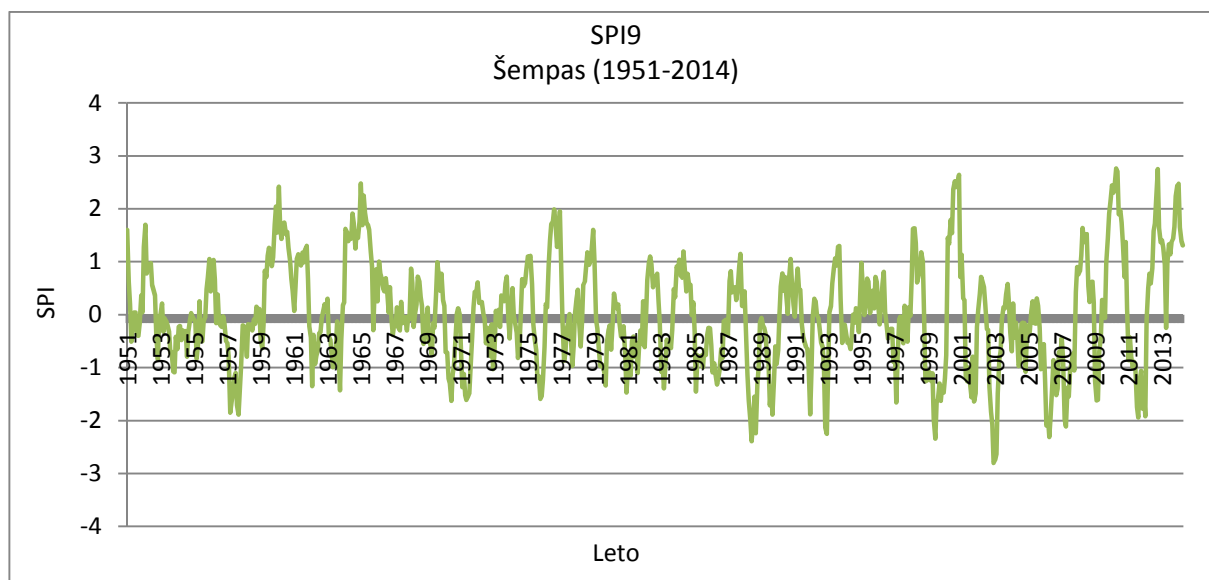
4.2.16 Meteorološka postaja Šempas

Za meteorološko postajo Šempas so na slikah 54 in 55 prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI3 in SPI9, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

V petdesetih in prvi polovici šestdesetih let rezultati kažejo večje primanjkljaje padavin na krajših časovnih skalah, ki so se kazali v ekstremni suši. Največje negativne vrednosti izkazujejo SPI2 in SPI3 v letih 1957, 1962 in 1964, ko so indeksi dosegli vrednost okoli -2,5. Od druge polovice leta 1964 pa do sredine leta 1966 je bilo na vseh časovnih skalah obdobje večjih padavin. Izjeme so bile v februarju in oktobru 1965 ter januarju 1966, ko SPI1 kaže majhne padavinske primanjkljaje. V obdobju 1965-1981 se na enomesečni skali pojavljajo zmerne in hude suše, v novembru 1981 in aprilu 1982 pa beležimo ekstremne negativne vrednosti (-2,53, -3,52).



Slika 54: Trimesečni SPI za postajo Šempas za obdobje 1951-2014



Slika 55: Devetmesečni SPI za postajo Šempas za obdobje 1951-2014

Daljša obdobja primanjkljaja so pogostejša v zadnjih treh desetletjih. Proti koncu leta 1988 in v letu 1989 se pojavijo negativne vrednosti na vseh časovnih skalah. Najdaljše obdobje negativnih vrednosti se pojavi na letni skali, ki traja od oktobra 1988 do oktobra 1990. Januarja 1989 doseže SPI3 ekstremno vrednost (-3,46). Od januarja do julija 1993 je bilo izredno malo padavin glede na dolgoletno povprečje. V juniju doseže SPI6 ekstremen padavinski primanjkljaj (-3,0). Suša je povzročila revno hidrološko stanje na vseh vodnih virih (Avšič in Firm, 1993). V letih 1999/2000 se je na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) pojavilo daljše negativno obdobje, ki je trajalo 16 mesecev. Leta 2003 smo imeli ekstremne primanjkljaje padavin na vseh časovnih skalah. Avgusta doseže SPI9 najnižjo vrednost (-2,8). V juniju in juliju 2006 se zopet pojavi veliko pomanjkanje padavin, ko SPI1 in SPI2 izkazuje velike negativne vrednosti (-3,74, -3,34). Proti koncu leta je bilo znova malo padavin, kar se je odražalo predvsem s hudo do ekstremno sušo na SPI6, SPI9 in SPI12. V letu 2007 in v začetku leta 2008 rezultati kažejo negativne vrednosti na daljših časovnih skalah. Februarja 2008 je SPI12 dosegel ekstremno sušo (-2,22). V letu 2011 in 2012 je bilo v nekaterih mesecih izredno malo padavin, kar se je v letu 2012 izkazalo za izredno sušno leto.

V preglednici 19 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 19: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Šempas s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	junij 2006	-3,74	12

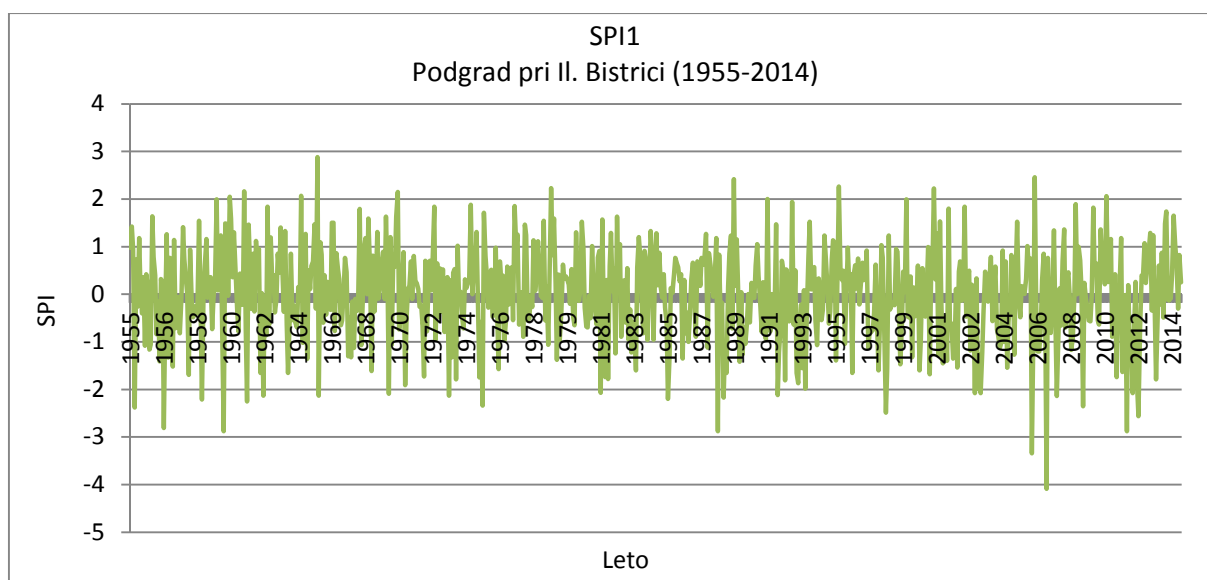
... nadaljevanje Preglednice 19

SPI2	julij 2006	-3,34	56
SPI3	januar 1989	-3,46	50
SPI6	junij 1993	-3,0	261
SPI9	avgust 2003	-2,8	530
SPI12	februar 2008	-2,22	973

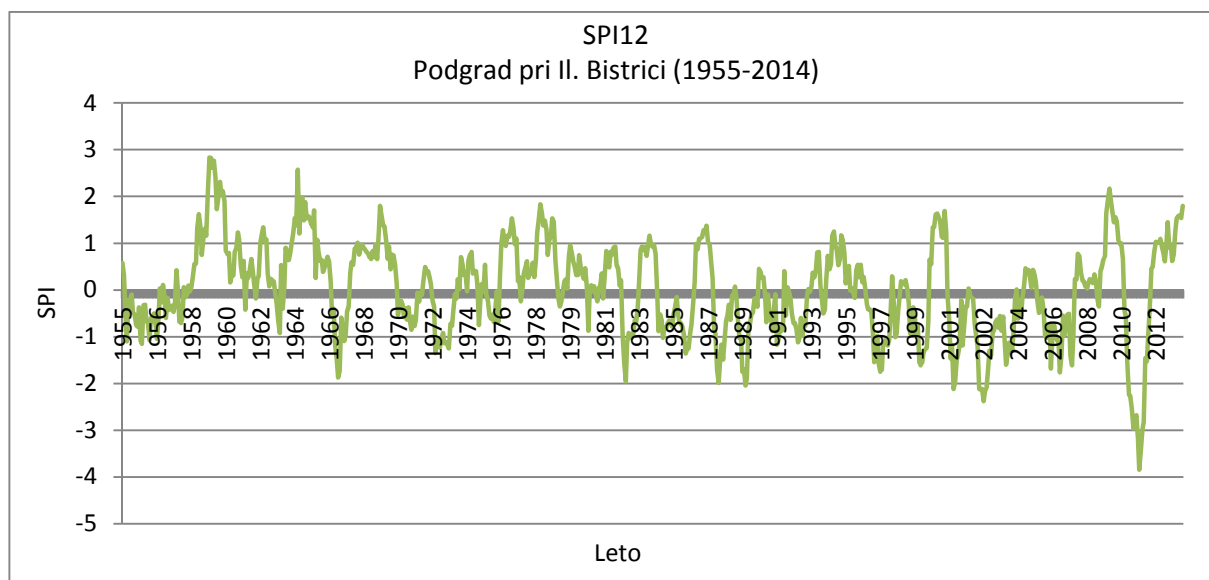
4.2.17 Meteorološka postaja Podgrad pri Ilirski Bistrici

Za meteorološko postajo Podgrad pri Ilirski Bistrici smo uporabili mesečne vrednosti padavin za obdobje 1955-2014. Padavinski niz podatkov je dolg 60 let, izračunane vrednosti standardiziranega padavinskega indeksa pa smo naredili na šestih različnih časovnih skalah. Rezultati izračunanega indeksa SPI1 in SPI12 so prikazani na slikah 56 in 57, ostali rezultati pa so predstavljeni v prilogi A.

V začetku leta 1956 se pojavijo na letni časovni skali negativne vrednosti, ki trajajo 23 mesecev. Na eno- in dvomesečni skali dobimo v letih 1956 in 1960 ekstremne negativne vrednosti (-2,8, -3,0). Med leti 1959 in 1964 sledi daljše obdobje padavin. V letu 1967 zaznamo negativne vrednosti na SPI12, ki se nadaljujejo v naslednje leto. Pojavi se zmerna do huda suša, prav tako pa primanjkljaj zaznajo tudi krajše časovne skale.



Slika 56: Enomesečni SPI za postajo Podgrad pri Ilirski Bistrici za obdobje 1955-2014



Slika 57: Dvanajstmesečni SPI za postajo Podgrad pri Ilirski Bistrici za obdobje 1955-2014

V sedemdesetih letih opazimo ekstremno sušo na SPI1 in SPI3, in sicer v letih 1973 in 1975. Na ostalih časovnih skalah ekstremne suše v tem obdobju ni bilo. Nekoliko pogostejše pojavljanje ekstremne suše je razvidno na vseh časovnih skalah v osemdesetih letih. Vrednosti SPI2 in SPI3 v oktobru 1985 kažejo večja negativna odstopanja, saj je bilo od avgusta do oktobra samo 123 mm padavin. Nizke vrednosti indeksov se pojavljajo proti koncu leta 1988 in v začetku leta 1989 na vseh časovnih skalah. Zima je bila izredno suha in topla (Trontelj 1997). Nizko vrednost doseže SPI3 v januarju 1989, ko je padlo 87 mm padavin. V zimi 1988/1989 rezultati na vseh obravnavanih meteoroloških postajah kažejo izredno nizke negativne vrednosti indeksov. Od januarja do avgusta 1993 je bilo izredno malo padavin glede na dolgoletno povprečje. Vrednosti SPI3, SPI6 in SPI9 izkazujejo daljše negativne vrednosti, ki so se kazale v ekstremni suši. SPI2 doseže najnižjo vrednost v februarju, in sicer -3,18. Podobno se je dogajalo na meteorološki postaji Šempas. Nizko vrednost ima tudi SPI9 v oktobru 1997, saj je bilo od februarja do oktobra izredno malo padavin glede na dolgoletno povprečje. V januarju, februarju in marcu 1998 smo imeli zopet malo padavin, kar se vidi v negativnih vrednostih na SPI1, SPI2 in SPI3.

Po letu 2000 se pojavljajo ekstremno negativne vrednosti SPI1 (-3,34, -4,09, -2,88 in -2,56), in sicer v juniju 2006, aprilu 2007, novembru 2011 in juliju 2012. Leta 2003 je bila izredna kmetijska in hidrološka suša. V juliju in avgustu SPI3 in SPI6 izkazujejo najnižje vrednosti (-3,41, -3,25). Na krajših časovnih skalah smo poleti 2006 beležili ekstremno sušo, v letu 2007 proti koncu leta pa se pojavi padavinski primanjkljaj. V letu 2011 in 2012 je bilo v nekaterih mesecih izredno malo padavin, kar se je v letu 2012 izkazalo za izredno sušno

leto. Na vseh časovnih skalah smo dobili visoke negativne vrednosti, še posebej za SPI9 in SPI12 (-3,43, -3,84).

V preglednici 20 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1955-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 20: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1955-2014 na postaji Podgrad pri Ilirski Bistrici s pripadajočimi vsotami padavin

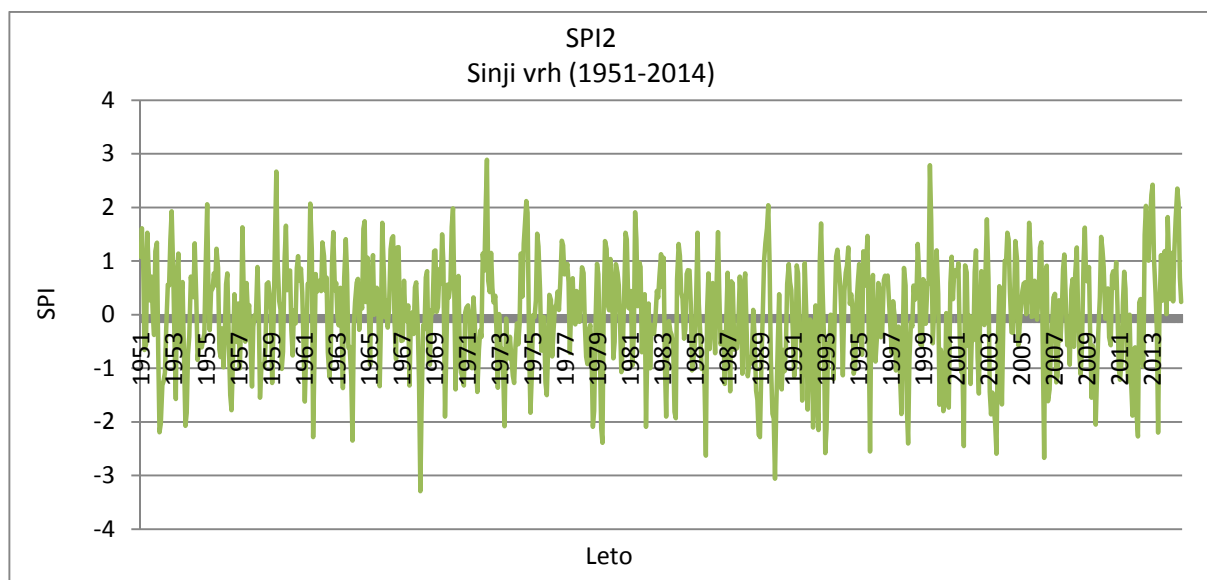
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	april 2007	-4,09	2
SPI2	februar 1993	-3,18	9
SPI3	julij 2003	-3,41	115
SPI6	avgust 2003	-3,25	288
SPI9	april 2012	-3,43	524
SPI12	julij 2012	-3,84	711

Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost aprila 2007, ko je v Podgradu padlo 2 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost februarja 1993, ko je v januarju in februarju padlo 9 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za julij (vsota padavin v maju, juniju in juliju) je bila najmanjša leta 2003, ko je od maja do julija padlo 115 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša julija 2012, ko je od avgusta 2011 do julija 2012 padlo skupaj 711 mm padavin.

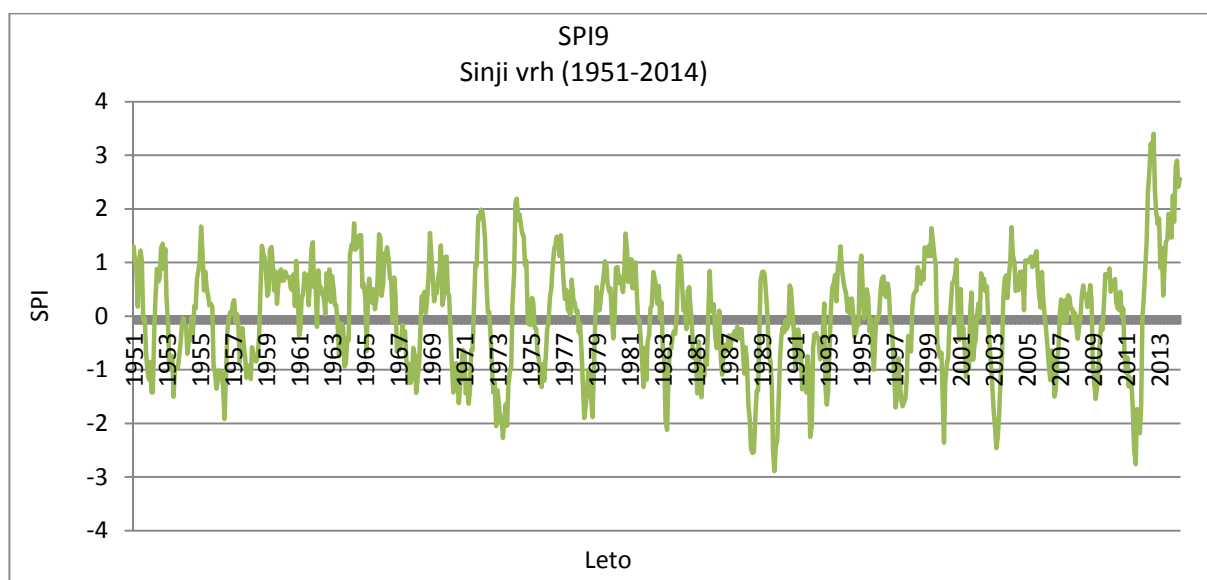
4.2.18 Meteorološka postaja Sinji vrh

Za meteorološko postajo Sinji vrh so na slikah 58 in 59 prikazane izračunane vrednosti indeksa SPI2 in SPI9, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

Med leti 1951 in 1959 se nam na letni časovni skali pojavlja zmerna suša, razen v oktobru 1958, ko smo imeli hudo sušo. Sušam sledi bolj mokro obdobje, kjer SPI12 v letih 1959-1963 kaže na zmerne padavinske dogodke. V letu 1964 se pojavljajo negativne vrednosti indeksa od januarja do septembra, potem pa sledi daljše obdobje padavin, ki trajajo do sredine leta 1967. Tudi indeksi na krajših časovnih skalah v tem obdobju zaznajo negativne odmike padavin od dolgoletnega povprečja. SPI1 kaže velike ekstremne vrednosti suše v letih 1961, 1962 in 1968 (-2,65, -3,04, -2,72). V letu 1968 se je pojavil velik primanjkljaj padavin na SPI2 in SPI3 (-3,29, -2,66). Vrednost SPI2 v aprilu 1968 doseže najnižjo negativno vrednost (-3,29).



Slika 58: Dvomesečni SPI za postajo Sinji vrh za obdobje 1951-2014



Slika 59: Devetmesečni SPI za postajo Sinji vrh za obdobje 1951-2014

V sedemdesetih letih nismo imeli veliko ekstremno sušnih obdobj. Pojavijo se v letih 1973, 1978 in 1979. Pogostejša in izrazitejša suša se začne pojavljati v osemdesetih letih na vseh časovnih skalah. Na enomesečni skali se v februarju 1982 in novembru 1983 pojavijo večji padavinski primanjkljaji (-2,67, -3,0), saj je padlo le 7 mm in 10 mm padavin. Proti koncu leta 1988 rezultati kažejo hudo sušo, ki pa se naslednje leto razvije v ekstremno sušo, ki traja do sredine leta. V oktobru, novembru in decembru 1988, ter januarju, februarju in marcu 1989, je bilo izredno malo padavin glede na dolgoletno povprečje. V januarju in februarju vrednosti SPI1, SPI2 in SPI3 kažejo ekstremno sušo, prav tako pa tudi vrednosti SPI9 in SPI12. Suša traja od januarja do aprila 1989. Od aprila do septembra 1989 so padle večje količine padavin, potem pa se pojavi pomanjkanje, ki traja do avgusta 1990. V letu 1990 dobimo na

vseh časovnih skalah visoke negativne vrednosti, največje na SPI3, SPI9 in SPI12 (-2,75, -2,89, -2,85). Poletje je bilo sončno in vroče z majhnim številom padavinskih dni (Trontelj, 1997). Leta 1992 se pojavi poletna suša, ki je bila glede na vrednosti indeksov v mejah hude do ekstremne suše. V letu 1993 smo beležili izrazito zimsko sušo, ki je trajala do pomladi. V februarju in marcu 1998 se pojavijo ekstremne negativne vrednosti na krajših časovnih skalah (SPI1, SPI2 in SPI3).

Leta 2000 se v avgustu in septembru pojavi ekstremna suša z vrednostmi SPI1 in SPI9 -2,69 in -2,36. Izredni padavinski primanjkljaj v juliju in avgustu 2003 kažejo vrednosti SPI2, SPI3 in SPI6. V avgustu je SPI6 dosegel največjo negativno vrednost (-3,26). Julija 2006 se kažejo večja negativna odstopanja na SPI1 in SPI2, prav tako pa tudi v aprilu 2007 na SPI1. Proti koncu leta 2011 in v letu 2012 imamo na daljših časovnih skalah večje negativne vrednosti, ki kažejo hudo in ekstremno sušo. V marcu 2012 pade zgolj 3 mm padavin, kar privede do ekstremne suše na enomesečni skali.

V preglednici 21 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 21: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Sinji vrh s pripadajočimi vsotami padavin

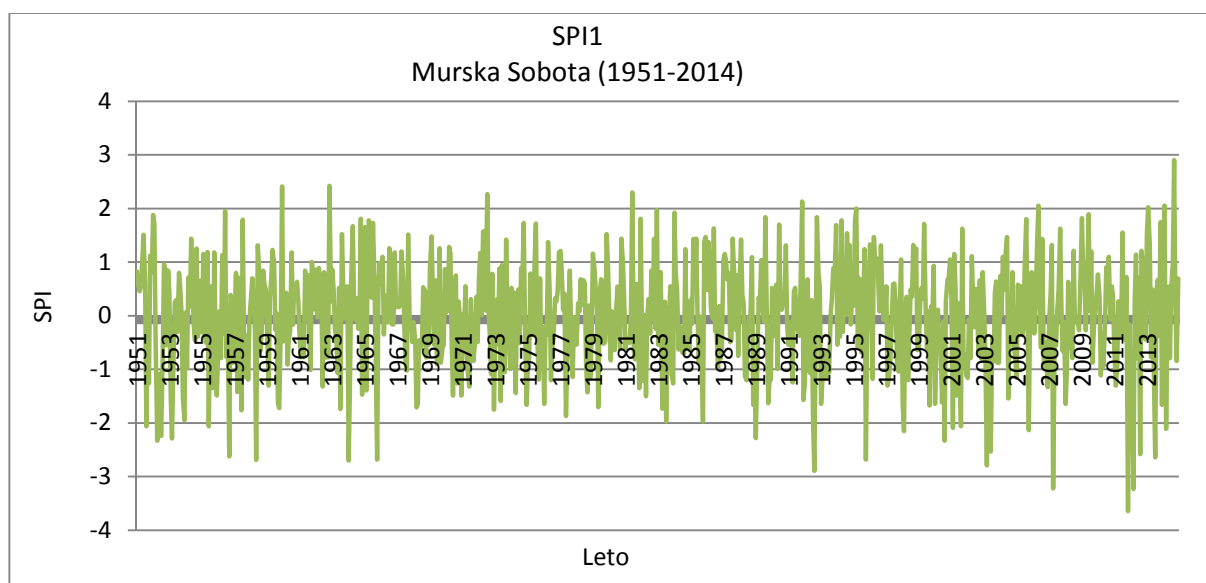
	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	marec 2012	-3,63	3
SPI2	april 1968	-3,29	52
SPI3	februar 1990	-2,75	87
SPI6	avgust 2003	-3,26	292
SPI9	junij 1990	-2,89	591
SPI12	september 1990	-2,85	838

4.2.19 Meteorološka postaja Murska Sobota

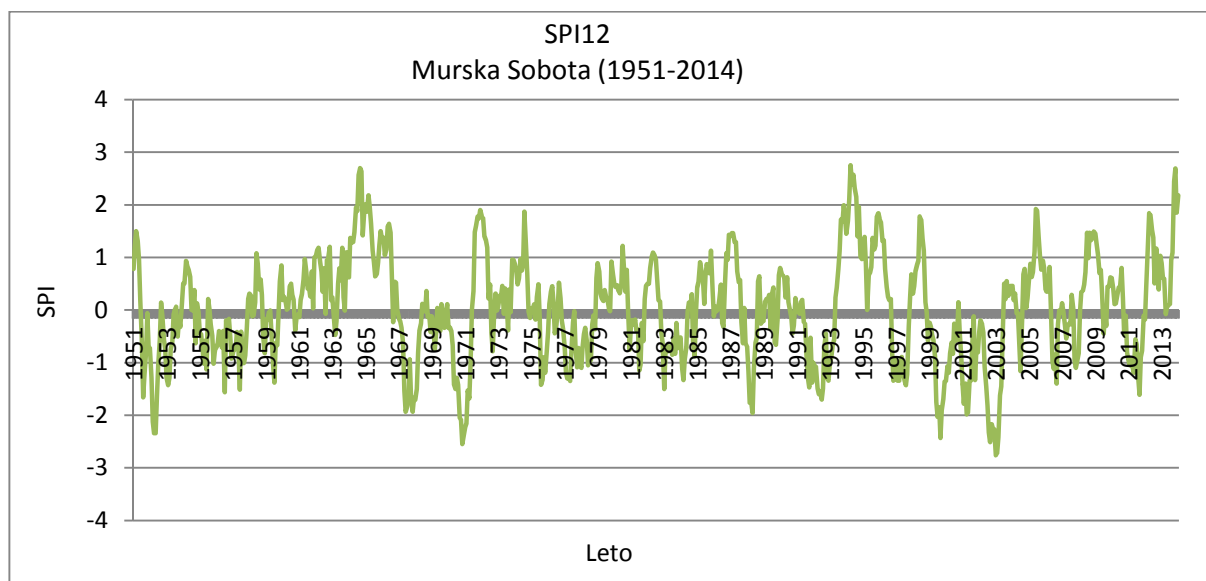
Rezultati za meteorološko postajo Murska Sobota so prikazani na slikah 60 in 61, in sicer za vrednosti indeksa SPI1 in SPI12, ostale vrednosti SPI pa so prikazane v prilogi A.

V letu 1952 se v Murski Soboti na krajših časovnih skalah pojavijo velike negativne vrednosti, ki zaznamujejo ekstremno sušo. Avgusta vrednost SPI6 kaže največji ekstremni primanjkljaj padavin (-3,22), visoke negativne vrednosti pa se pojavijo tudi na tromesečni skali, ki trajajo od maja do avgusta. Ekstremno sušo na SPI3 zaznamo tudi v aprilu 1953 in novembru 1959 (-2,54, -2,33). Na letni časovni skali sledi daljše obdobje padavin, ki traja od oktobra 1960 do konca leta 1967. Tudi na ostalih časovnih skalah zaznamo pogostejše pojavljanje padavin. Na enomesečni skali se pojavita večja negativna odklona v letih 1964 in 1965, na

dvomesečni pa v letu 1968. Proti koncu leta 1971 se pojavi negativni odklon na SPI6, SPI9 in SPI12 in se nadaljuje v leto 1972. Do konca tisočletja ekstremne suše na letni časovni skali ne zaznamo več, na SPI9 pa se pojavi v letih 1989, 1992 in 1993. V avgustu 1992 SPI9 doseže najnižjo negativno vrednost (-2,79), ko pade v preteklih 9 mesecih 303 mm padavin. Avgusta in septembra tudi vrednosti SPI2 in SPI3 (-3,47, -3,31) kažejo ekstremne padavinske primanjkljaje. Poletje 1992 je bilo ekstremno sušno (Ceglar in Kajfež-Bogataj, 2008). V poletnem času leta 1993 beležimo daljše obdobje negativnih vrednosti na SPI6 in SPI9, saj je bilo izredno malo padavin v preteklem obdobju. V oktobru 1995 in februarju 1998 večje negativne vrednosti izkazujeta SPI1 in SPI2 (-2,68, -2,62).



Slika 60: Enomesečni SPI za postajo Murska Sobota za obdobje 1951-2014



Slika 61: Dvanajstmesečni SPI za postajo Murska Sobota za obdobje 1951-2014

V zadnjih dvajsetih letih imamo v povprečju bolj sušna poletja. Leti 2000 in 2003 sta bili v poletnem obdobju izrazito sušni. Ekstremno pomanjkanje padavin je bilo v letu 2003, ko rezultati kažejo daljše obdobje negativnih vrednosti. V zadnjih letih je opaziti tudi izrazita negativna odstopanja padavin na mesečni časovni skali. Ekstremne vrednosti indeksov dobimo aprila 2007, novembra 2011 (najnižja dosežena vrednost) in marca 2012 (-3,22, -3,64, -3,23).

V preglednici 22 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 22: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1951-2014 na postaji Murska Sobota s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	november 2011	-3,64	1
SPI2	avgust 1992	-3,47	34
SPI3	september 1992	-3,31	87
SPI6	avgust 1952	-3,22	187
SPI9	avgust 1992	-2,79	303
SPI12	december 2003	-2,76	515

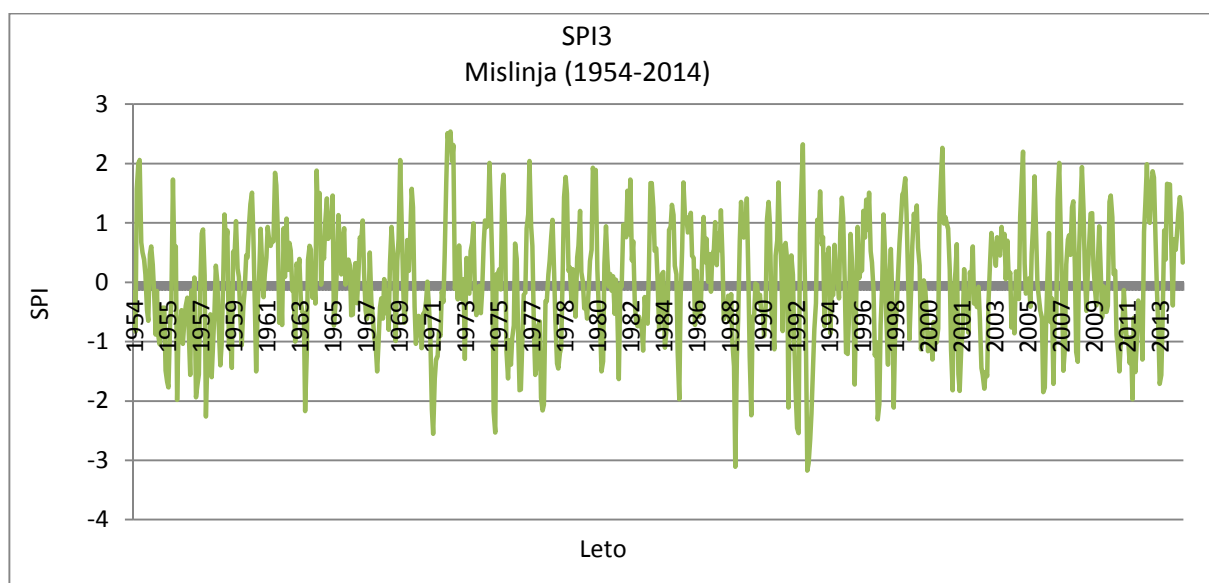
Na mesečni časovni skali je indeks SPI dosegel najnižjo vrednost novembra 2011, ko je v Murski Soboti padlo le 1 mm padavin. Na dvomesečni časovni skali je indeks dosegel najnižjo vrednost avgusta 1992, ko je v juliju in avgustu padlo 34 mm padavin. Trimesečna vsota padavin za september (vsota padavin v juliju, avgustu in septembru) je bila najmanjša leta 1992, ko je od julija do septembra padlo 87 mm padavin. Dvanajstmesečna vsota padavin je bila najmanjša decembra 2003, ko je od januarja do decembra 2003 padlo skupaj 515 mm padavin.

4.2.20 Meteorološka postaja Mislinja

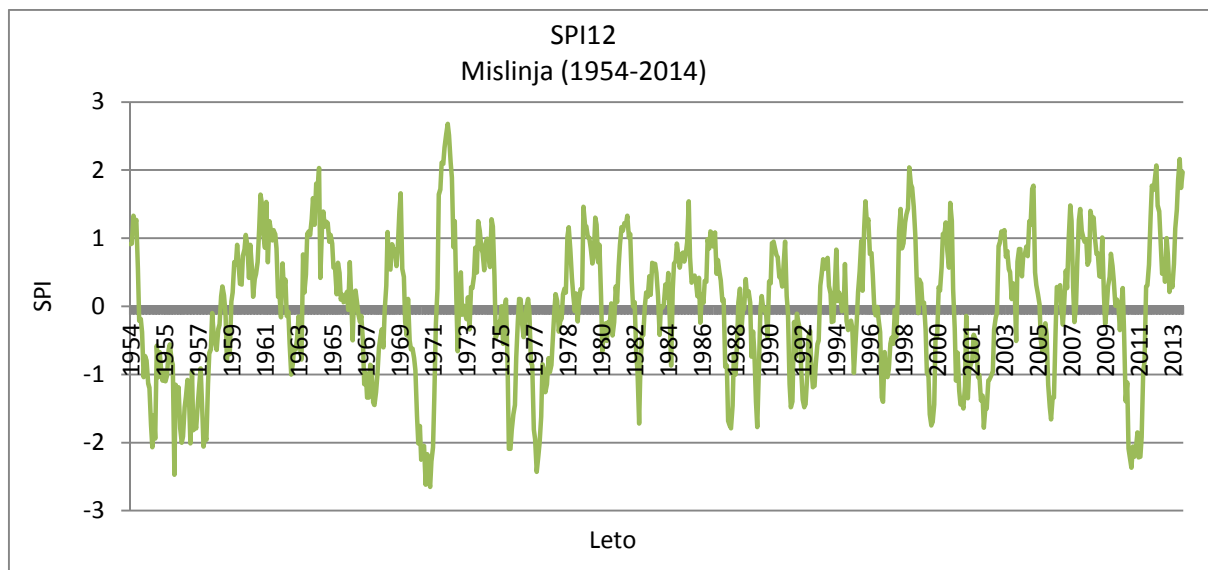
Za meteorološko postajo Mislinja smo vzeli mesečne vrednosti padavin za obdobje 1954-2014. Padavinski niz podatkov je dolg 61 let, izračunane vrednosti standardiziranega padavinskega indeksa pa smo naredili na šestih različnih časovnih skalah. Rezultati izračunanega indeksa SPI3 in SPI12 so prikazani na slikah 62 in 63, ostali rezultati pa so predstavljeni v prilogi A.

Na letni časovni skali se junija 1955 prične daljše obdobje negativnih vrednosti, ki neprekinjeno traja 56 mesecev, do januarja 1960. V marcu 1956, juniju 1957, novembru 1957, maju 1958 in februarju 1959 dosežejo vrednosti indeksov ekstremne vrednosti. V maju

1958 dobimo na enomesečni skali največji negativni odklon (-4,8), saj je padlo le 2 mm padavin. Tudi vrednosti SPI2 in SPI3 kažejo, da se v maju pojavi ekstremna suša, ki pa ni bila tako izrazita kot na enomesečni skali. Sledi daljše obdobje padavin do leta 1970, z nekaj kratkimi obdobji normalne in zmerne suše v letih 1963, 1964, 1968 in 1969. Konec leta 1970 se pričnejo pojavljati daljša negativna odstopanja, ki se nadaljujejo v leto 1971 in 1972. Na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) dobimo največje primanjkljaje padavin v oktobru 1971 in januarju 1972 (-2,78, -2,65). Na enoletni skali se ekstremna suša pojavi še v letih 1976, 1978, 2011 in 2012. Na krajših časovnih skalah v sedemdesetih letih rezultati kažejo večjo ekstremno sušo na SPI1 v juniju 1976 (-2,52), SPI2 v juliju 1971 (-2,57) in januarju 1975 (-2,52), SPI3 v juliju 1971 (-2,55) in februarju 1975 (-2,53) in na SPI6 v oktobru 1971 (-2,68).



Slika 62: Trimesečni SPI za postajo Mislinja za obdobje 1954-2014



Slika 63: Dvanajstmesečni SPI za postajo Mislinja za obdobje 1954-2014

V osemdesetih letih se na krajših časovnih skalah pojavlja predvsem zmerna do huda suša z obdobji večjih padavin. V začetku leta 1989 smo imeli izjemne padavinske primanjkljaje, predvsem na trimesečni skali (-3,11). V letu 1992 zaznamo v poletnem obdobju ekstremno sušo na vseh časovnih skalah razen na SPI12, ko smo imeli zmerno sušo. Leta 1993 je bilo od januarja do junija izredno malo padavin, kar se je pokazalo v ekstremnih negativnih vrednostih na krajših časovnih skalah (SPI2 in SPI3) v marcu (-3,0, -3,17). Največji primanjkljaj kaže vrednost SPI6 v juniju (-3,34). Večji negativni odklon smo dobili v novembru 1995 na SPI2 (-2,82), ko je padlo v oktobru in novembru 49 mm padavin in v februarju 1998 na SPI1 (-3,06), ko je padlo 1 mm padavin.

Po letu 2000 se ekstremni sušni dogodki na krajših časovnih skalah pojavljajo predvsem na enomesečni skali v letih 2001, 2003, 2007, 2011 in 2013 (-2,59, -2,6, -3,45, -2,14, -2,54). Na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) pa se proti koncu leta 2011 in v letu 2012 pojavijo daljša negativna obdobja, ki so posledica skromnih padavin v preteklih obdobjih.

V preglednici 23 so prikazane najnižje dosežene vrednosti Indeksa SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1954-2014 s pripadajočimi vsotami padavin.

Preglednica 23: Najnižje vrednosti SPI na različnih časovnih skalah v obdobju 1954-2014 na postaji Mislinja s pripadajočimi vsotami padavin

	Obdobje	SPI	Vsota padavin [mm]
SPI1	maj 1958	-4,8	2
SPI2	marec 1993	-3,0	23
SPI3	marec 1993	-3,17	28
SPI6	junij 1993	-3,34	223

... nadaljevanje Preglednice 23

SPI9	oktober 1971	-2,78	639
SPI12	januar 1972	-2,65	855

5 PRIMERJAVA REZULTATOV

Za analizo preteklih sušnih dogodkov za Slovenijo smo uporabili standardizirani padavinski indeks (SPI), ki je med sušnimi indeksi zelo pogosto uporabljen. SPI smo izračunali na šestih različnih časovnih skalah, za obdobje od 1951-2014. Za meteorološko postajo Podgrad pri Ilirski Bistrici smo vzeli mesečne padavinske podatke za obdobje od 1955-2014, za postajo Mislinja pa od 1954-2014. Analizirali smo dvajset meteoroloških postaj, ki so podrobneje opisane v preglednici 3.

V preglednici 24 so prikazane najnižje vrednosti SPI, ki jih je posamezna postaja dosegla pri določeni časovni skali, skupaj z obdobjem pojava. Iz prikazanega lahko vidimo nekatere podobnosti in razlike med postajami.

Preglednica 24: Najnižje vrednosti SPI za vseh dvajset obravnavanih postaj z obdobjem pojava.

Ime postaje	Najnižja vrednost SPI	Časovna skala	Obdobje pojava
Ljubljana-Bežigrad	-3,73	SPI1	november 2011
Novo mesto	-3,94	SPI2	julij 2013
Celje	-4,03	SPI6	avgust 2003
Maribor	-3,43	SPI3	september 1992
Šmartno pri Slovenj Gradcu	-4,13	SPI1	maj 1958
Rateče	-3,54	SPI2 SPI9	julij 2006 oktober 1997
Logatec	-3,59	SPI3	januar 1989
Mrzla Rupa	-3,73	SPI3	januar 1989
Soča	-3,36	SPI2	julij 2006
Železniki	-3,72	SPI9	oktober 1997
Davča	-3,97	SPI2	julij 2006
Leskovicca	-3,54	SPI2	julij 2006
Podbrdo	-3,27	SPI2	julij 2006
Črni vrh nad Idrijo	-3,98	SPI1	april 2007
Morsko pri Kanalu	-3,71	SPI1	junij 2006
Šempas	-3,74	SPI1	junij 2006
Podgrad pri Il. Bistrici	-4,09	SPI1	april 2007
Sinji vrh	-3,63	SPI1	marec 2012
Murska Sobota	-3,64	SPI1	november 2011
Mislinja	-4,80	SPI1	maj 1958

Največkrat smo najnižje vrednosti dobili na krajših časovnih skalah, predvsem na enomesečni skali, in sicer v devetih primerih, na SPI2 v šestih primerih in na SPI3 v treh primerih. Vsi sušni dogodki na krajših časovnih skalah (SPI1 in SPI2) so se zgodili po letu 2006 z izjemo postaje Mislinja, kjer se je suša zgodila v maju 1958. V primerjavi z drugimi postajami smo na postaji Mislinja v maju 1958 beležili res ekstremni primanjkljaj padavin (-4,80), kar je bila tudi najnižja izračunana vrednost na vseh časovnih skalah. Najnižje

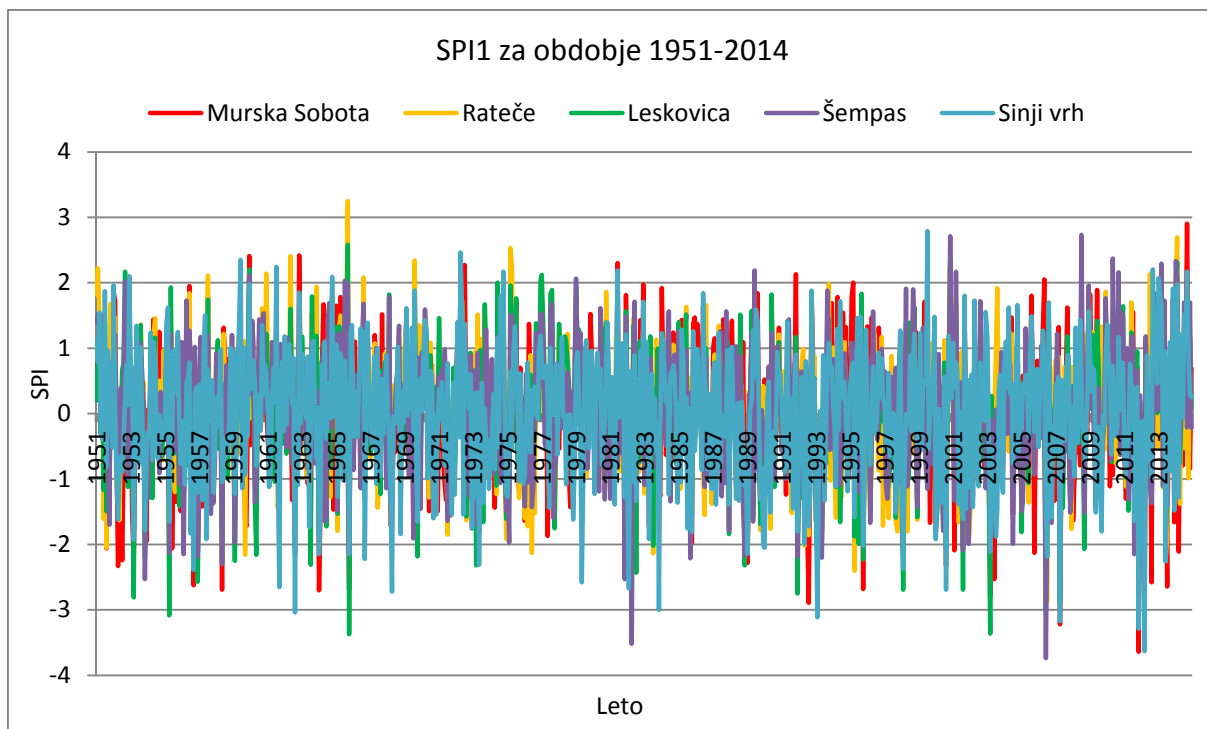
vrednosti na trimesečni časovni skali smo dobili v Mariboru septembra 1992, Logatcu januarja 1989 in v Mrzli Rupi januarja 1989. Na šestmesečni skali smo najnižjo vrednost dobili v Celju avgusta 2003, na devetmesečni pa v Ratečah oktobra 1997. Iz rezultatov lahko sklepamo, da so kratkotrajne suše v zadnjem obdobju pogostejše in izrazitejše, predvsem v poletnem času.

Pri analizi preteklih sušnih dogodkov opazimo velike podobnosti med posameznimi meteorološkimi postajami. Na postajah Rateče, Soča, Davča, Leskoviča in Podbrdo smo dobili podobne vrednosti najnižjih indeksov na dvomesečni časovni skali z enakim obdobjem pojava. Šempas in Morsko pri Kanalu sta v juniju 2006 beležila na mesečni skali skoraj povsem enake vrednosti (-3,74, -3,71). Tudi v preteklosti so bila podobna ujemanja na nekaterih postajah. V Logatcu in Mrzli Rupi se proti koncu osemdesetih let pojavijo podobnosti na trimesečni časovni skali. V Ratečah in Železnikih opazimo podoben vzorec pojavljanja suše na devetmesečni skali v oktobru 1997. Med posameznimi časovnimi skalami opazimo manjše razlike v jakosti suše. Največja razlika med najmanjšo in največjo negativno vrednostjo se pojavi na mesečni časovni skali med postajama Sinji vrh in Mislinjo (-3,63, -4,80).

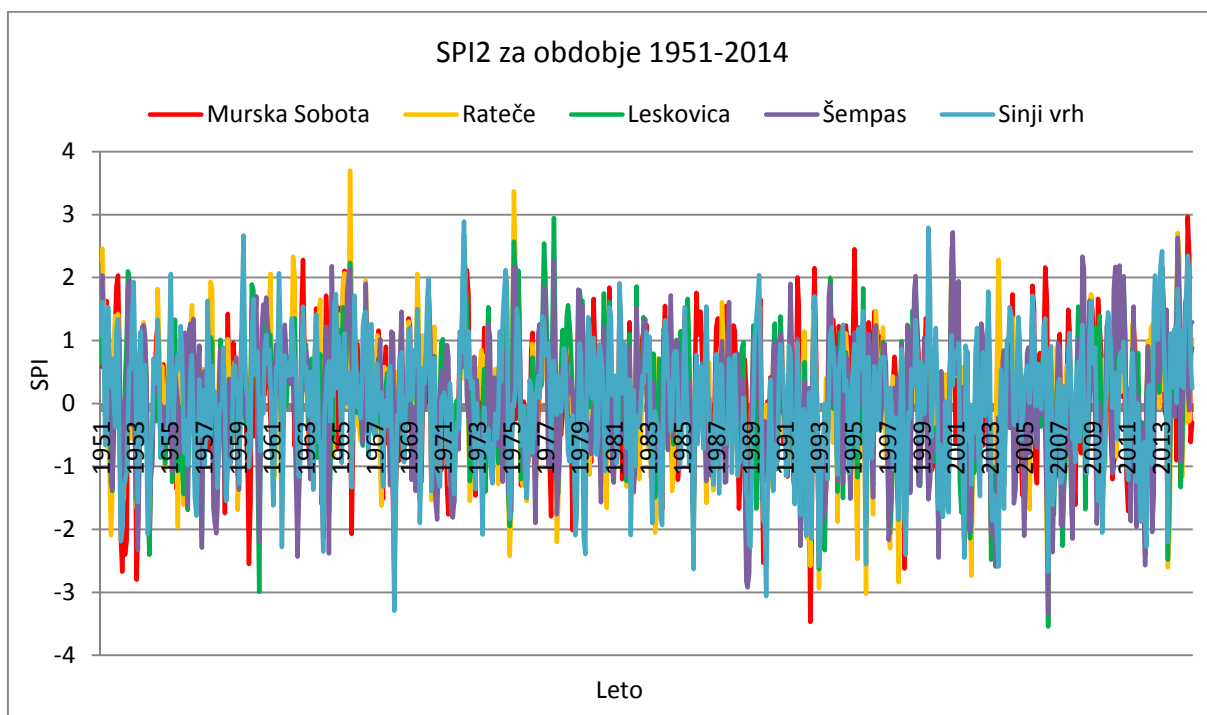
Iz rezultatov vidimo, da se suša ne pojavlja enotno in istočasno na celotnem območju Slovenije. Pojav suše je časovno in prostorsko spremenljiv pojav (Brenčič, 2012). Na obravnavanem območju so si suše med seboj primerljive zaradi geografskih in podnebnih podobnosti. Pri oceni SPI za posamezne časovne skale se je potrebno zavedati tudi omejitev, ki izhajajo iz dolžine niza podatkov o mesečnih višinah padavin. Daljše časovno obdobje podatkov vpliva na bolj natančne izračune vrednosti SPI (Brenčič, 2012). V našem primeru smo vzeli za vse postaje enako obdobje, tako da je ocena vrednosti indeksov za posamezno časovno skalo kar se da zanesljiva.

Za meteorološke postaje Murska Sobota, Rateče, Leskoviča, Šempas in Sinji vrh smo naredili tudi grafično primerjavo rezultatov različnih časovnih skal SPI. Za krajše časovno obdobje suš smo vzeli SPI1, SPI2, SPI3 in SPI6, za daljše pa SPI9 in SPI12. Postaje smo izbrali na različnih lokacijah Slovenije, da bi predstavili prostorsko in klimatsko raznolikost slovenskega prostora.

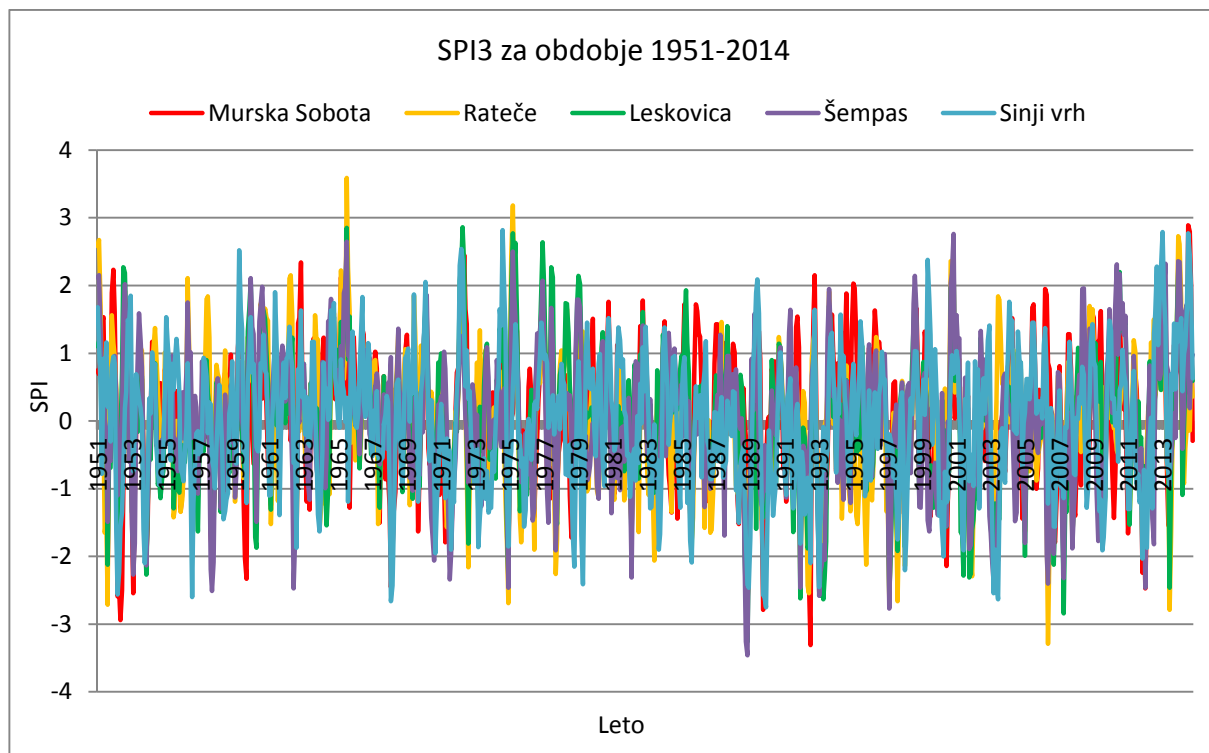
Na slikah 64 do 69 so prikazane primerjave vrednosti indeksa SPI za izbrane postaje in različne časovne skale.



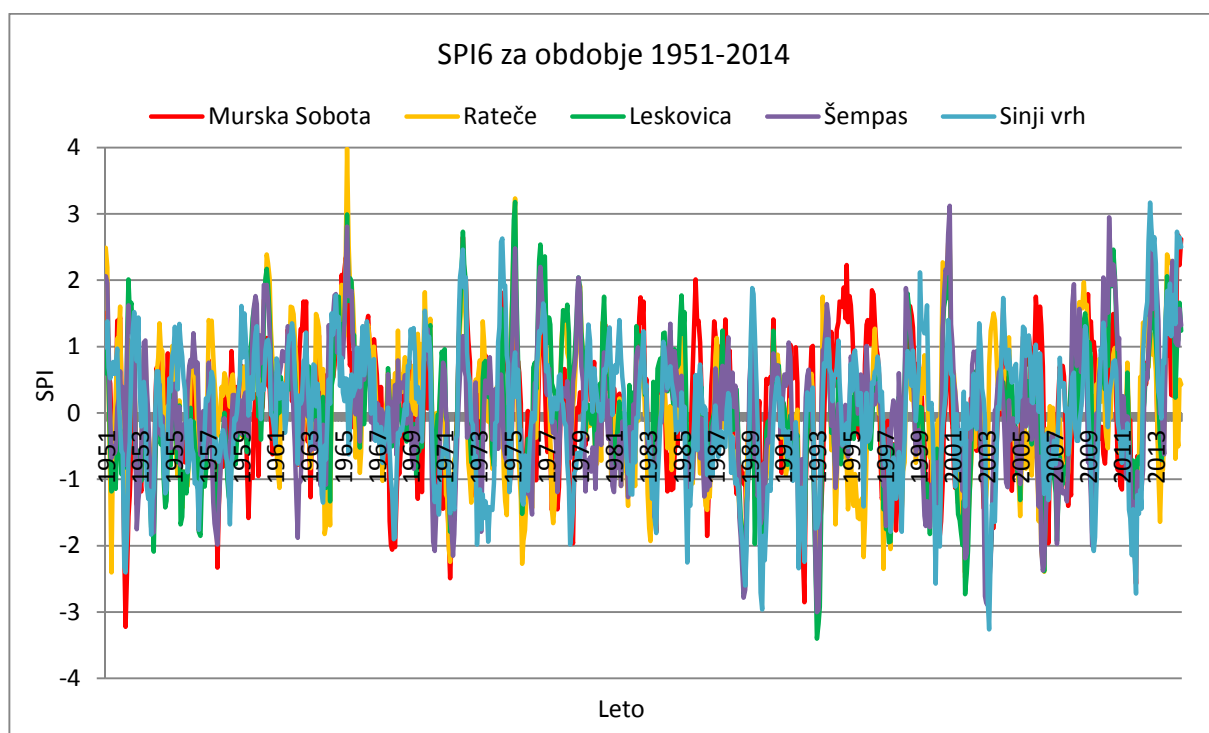
Slika 64: Primerjava vrednosti SPI1 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014



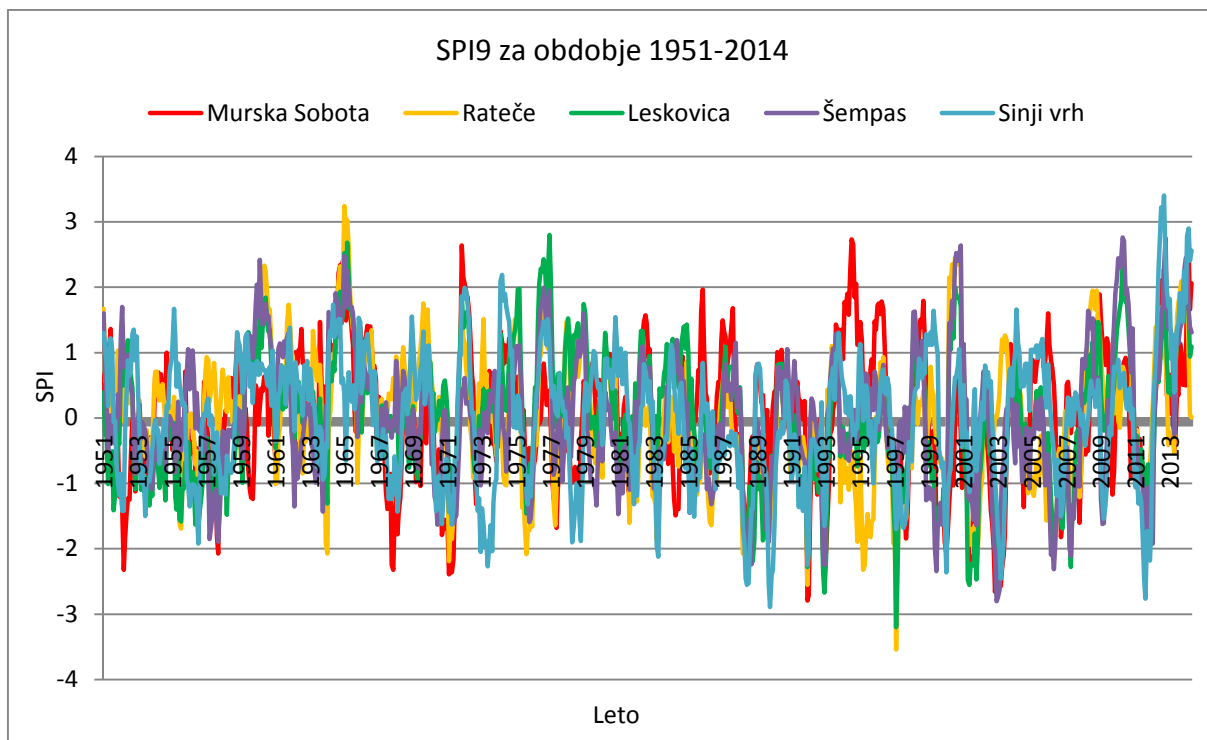
Slika 65: Primerjava vrednosti SPI2 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014



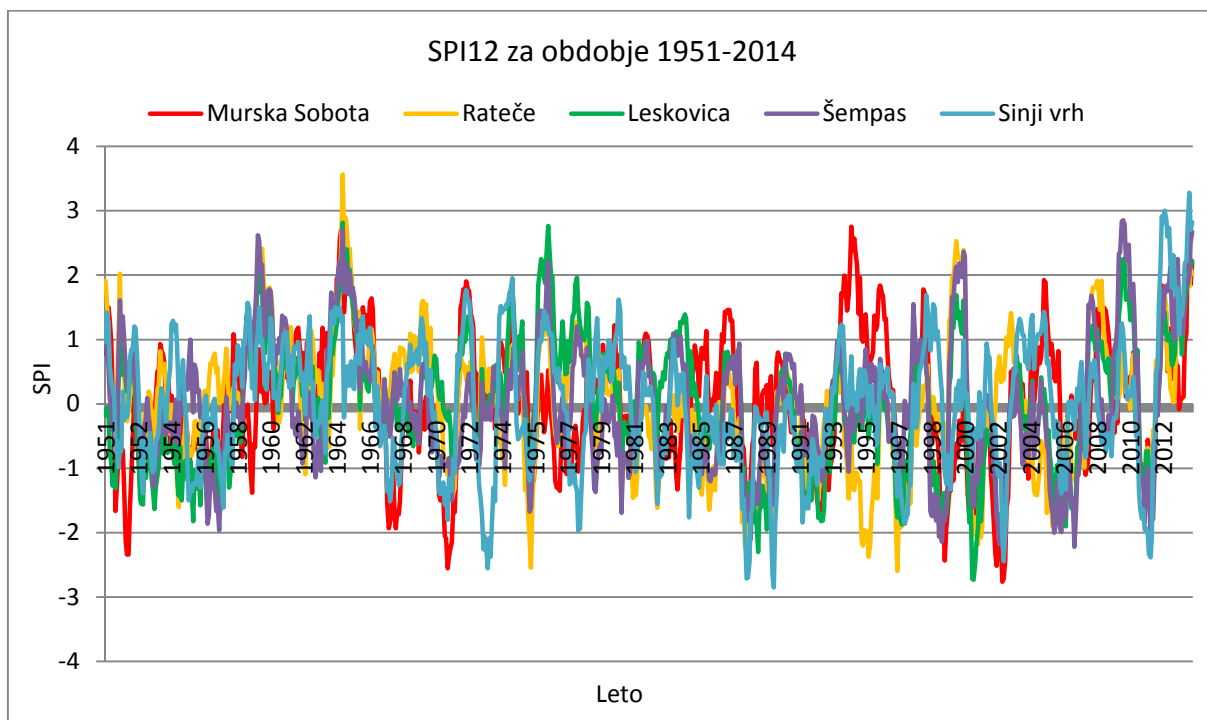
Slika 66: Primerjava vrednosti SPI3 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014



Slika 67: Primerjava vrednosti SPI6 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014



Slika 68: Primerjava vrednosti SPI9 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014



Slika 69: Primerjava vrednosti SPI12 za izbrane postaje za obdobje 1951-2014

Na krajših časovnih skalah se suše pojavljajo pogosteje, vendar je njihovo trajanje krajše. Ekstremni sušni dogodki se pojavljajo v enakih obdobjih, jakost suše pa se med postajami razlikuje. Dolgotrajne suše se ne zgodijo vedno hkrati, v veliko primerih se zgodijo z

določenim časovnim zamikom. Jakost suše se ponekod med postajami v istem časovnem obdobju močno razlikuje. Na primer večjo razliko opazimo v letu 1995, ko je bila v Ratečah ekstremna suša, na drugi strani pa so bile v Murski Soboti prekomerne padavine.

V petdesetih in šestdesetih letih smo imeli na mesečni časovni skali obdobja izrazitih suš. Sledilo je desetletno obdobje zmernih in hudih suš, po tem obdobju pa se je jakost znova povečala. Po letu 2000 smo dosegli najnižje vrednosti na enomesečni skali na postajah Šempas, Murska Sobota in Sinji vrh.

V letih 1951, 1952, 1953 in 1954 so se na dvomesečni skali pojavili večji negativni odkloni. Največje negativne vrednosti indeksov dobimo na postaji Murska Sobota. V naslednjih letih so bile suše manj izrazite, večje ekstreme smo zopet zaznali po devetdesetem letu. Na dvomesečni skali je zanimivo primerjati, kako so se na postajah Rateče in Murska Sobota med posameznimi obdobji spreminjale vrednosti indeksa SPI. Na začetku obravnavanega obdobja so se na postaji Murska Sobota pojavljale večje suše, potem pa je sledilo večletno obdobje zmernih in hudih suš, z izjemo let 1989, 1992 in 1997. Na postaji Rateče pa je bilo ravno obratno. Do začetka devetdesetih let so se pojavljale predvsem hude in zmerne suše, nato pa so sledili ekstremni padavinski primanjkljaji. Skozi celotno obdobje se kažejo največja negativna odstopanja na postajah Šempas in Sinji vrh.

Rezultati na trimesečni skali kažejo zelo podobna časovna ujemanja ekstremno sušnih dogodkov na vseh postajah v letih 1951, 1952 in 1953. Med postajami prihaja le do manjših razlik v samih negativnih vrednostih. Konec osemdesetih in v začetku devetdesetih let so bile največje negativne vrednosti v Murski Soboti, Šempasu in Sinjem vrhu. Večje razlike opazimo v letih 1994 in 1995, ko se v Ratečah pojavi daljše obdobje negativnih vrednosti, na postajah Murska Sobota, Šempas in Sinji vrh pa obdobja obilnejših padavin.

Šestmesečna časovna skala kaže tri večje ekstremne suše, ki presegajo vrednost -3. Zgodile so se v letih 1952, 1993 in 2003 na postajah Murska Sobota, Leskovica in Sinji vrh. Do sredine osemdesetih let opazimo podoben vzorec sušnih dogodkov na vseh postajah. Po letu 1988 pa opazimo večjo intenziteto suš na postajah Sinji vrh, Leskovica in Šempas. V letih 1994 in 1995 se ponovno pojavijo večja odstopanja med postajo Murska Sobota, ki kaže izrazite padavinske dogodke in postajo Rateče, ki ima daljša obdobja zmerne do hude suše.

Na daljših časovnih skalah posamezni padavinski in sušni dogodki bolje sovpadajo, kljub temu pa imamo v nekaterih primerih opazna odstopanja. V letih 1957, 1958 in 1959 beležimo na postaji Rateče zvezne padavinske dogodke, na ostalih postajah pa bolj ali manj sušne

dogodke. Na Sinjem vrhu smo imeli v letih 1973 in 1974 daljša obdobja pomanjkanja padavin, na drugi strani pa so postaje Leskovica, Rateče in Murska Sobota beležile obilnejše padavine. V Ratečah se med letoma 1994 in 1995 pojavi sušno obdobje, medtem ko so bile v Murski Soboti in Sinjem vrhu ekstremne oziroma zmerne padavine. Podoben vzorec pojavljanja sušnih in padavinskih dogodkov v enakem obdobju beležimo tudi na zgoraj omenjenih časovnih skalah (SPI3 in SPI6). Od leta 1988 naprej se na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) suše pojavljajo pogosteje in z večjo jakostjo.

6 ZAKLJUČEK

Hidrološki ekstremi so v naravi stalen pojav, tako poplave kot tudi suše. V zadnjih letih so ekstremni hidrološki dogodki vse pogostejši in izrazitejši. Suša je v primerjavi s poplavo precej bolj kompleksen pojav, saj je težko ugotoviti njen začetek in konec, njeno pojavljanje pa je prostorsko in časovno zelo težko omejiti (Brenčič, 2012). Je rezultat kombinacije meteoroloških, fizikalnih in človeških dejavnikov. Razvija se počasi, jakost suše pa je odvisna od trajanja, intenzivnosti in prostorske razširjenosti padavinskega primanjkljaja. Zaradi podnebnih sprememb je velika verjetnost povečanja pogostosti in jakosti suš, obenem pa je pričakovati zaostrovanja v omejevanju porabe vode predvsem v poletnih mesecih (Izzivi Slovenije..., 2010).

Eden od pogosteje uporabljenih kazalnikov suše je standardizirani padavinski indeks, za izračun katerega potrebujemo le podatke o količini padavin za vsaj 30-letno obdobje. Je zelo enostaven za uporabo, saj nam omogoča določiti ekstremno sušna oziroma ekstremno mokra območja za določeno časovno obdobje in za katero koli lokacijo, ki ima arhiviran padavinski niz podatkov. Izračune vrednosti indeksa SPI smo naredili za dvajset meteoroloških postaja v Sloveniji na šestih različnih časovnih skalah (1, 2, 3, 6, 9 in 12 mesečni skali). Pri enomesečnem odklonu padavin govorimo o meteorološki suši, označimo jo z SPI1. Negativne vrednosti na SPI2, SPI3 in SPI6 vplivajo na pomanjkanje vode v tleh za normalen razvoj kmetijskih rastlin. Na daljših časovnih skalah (SPI9 in SPI12) pa imamo dolgotrajnejše odstopanje količine padavin od povprečja, ki vplivajo na količinsko stanje vode v vodotokih in podtalnici (ARSO, 2016).

Izračunane vrednosti indeksa na šestih časovnih skalah smo nato analizirali in ocenili posamezna sušna obdobja na dvajsetih meteoroloških postajah. Na krajših časovnih skalah se suše pojavljajo pogosteje, njihova intenziteta je večja kot na daljših skalah, vendar je njihovo trajanje krajše. Vsi sušni dogodki na krajših časovnih skalah (SPI1 in SPI2) so se zgodili po letu 2006, z izjemo postaje Mislinja, kjer se je kratkotrajna suša zgodila tudi v maju 1958. V veliko primerih kratkotrajne suše dosegajo velike ekstremne vrednosti indeksov, predvsem v spomladanskem in poletnem obdobju. Od leta 1990 opazamo daljša sušna obdobja z večjo jakostjo suše. Med postajami prihaja do podobnih vzorcev suš zaradi prostorskih in klimatskih enakosti. Ekstremni sušni dogodki se pojavljajo v enakih obdobjih, jakost suše pa se med postajami razlikuje. Dolgotrajne suše se ne zgodijo vedno hkrati, v veliko primerih se zgodijo z določenim časovnim zamikom. Jakost suše se ponekod med postajami v istem časovnem obdobju močno razlikuje.

Suša ima velik vpliv na naravne vire v obliki negativnih vplivov na raznolikost rastlinskega pokrova, zaloge in kakovost voda, pojavljanja gozdnih požarov, ipd. Vse to vodi do degradacijskih procesov tal. V Evropi je suša v zadnjih tridesetih letih predstavljala strošek v višini preko 100 milijard evrov (Izzivi Slovenije..., 2010). V Sloveniji letno pade razmeroma velika količina padavin, vendar imamo izrazito neugodno časovno in prostorsko razporeditev, kar lahko predstavlja velik problem v prihodnosti. Standardizirani padavinski indeks se je izkazal za dobrega pokazatelja meteorološke suše. Za kmetijsko in hidrološko sušo pa ga bo potrebno v prihodnje dopolniti z dodatnimi kazalniki suše.

VIRI

Agencija RS za okolje. 2015. Arhiv–opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (Pridobljeno 11. 9. 2015.)

Agencija RS za okolje. 2016. Standardizirani padavinski indeks (SPI).
http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/indeks_spi/ (Pridobljeno 10. 4. 2016.)

Akinremi, O.O., McGinn, S.M., Barr, A.G. 1996. Evaluation of the Palmer Drought Index on the Canadian Prairies. *Journal of Climate* 9: 897-905.

Avšič, F., Firm, V. 1993. Hidrološke razmere poleti 1993 in zahteve po vodi za namakanje na vodnem območju Drave. V: 4. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 3. december, 1993. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 78-84.

Bokal, S. 2010. Ekonomsko geografske posledice kmetijskih suš v Sloveniji – analiza suše 2006. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta (samozaložba S. Bokal): 86 f.

Brenčič, M. 2012. Modeliranje pojavljanja suše na območju Slovenije od začetka 19. stoletja dalje. V: 23. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 6. december, 2012. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 13-20.

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Osnove hidrologije. Univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 309 str.

Ceglar, A., Kajfež-Bogataj, L. 2008. Obravnava meteorološke suše z različnimi indikatorji. *Acta agriculturae Slovenica* 91, 2: 407-425

Cegnar, T. 2003. Klimatske značilnosti leta 2003. Mesečni bilten Agencije Republike Slovenije za okolje X, 12: 23-32.

Demuth, S., Heinrich, B. 1997. Temporal and spatial behaviour of drought in south Germany. FRIEND'97 — Regional hydrology: Concepts and models for sustainable water resource management, IAHS Publ. No 246: 151–158.

DMCSEE. 2015.

<http://www.dmcsee.org/en/home/> (Pridobljeno 21. 12. 2015.)

DMCSEE. 2016.

<http://www.dmcsee.org/en/wcs/?mode=process&time=20120801&format=GTiff&crs=EPSG%3A4326&width=380&height=180&minx=10&miny=31.995&maxx=48.005&maxy=50&version=1.0.0&layer=SPI3> (Pridobljeno 15. 1. 2016.)

DMCSEE. 2016.

<http://www.dmcsee.org/en/wcs/?mode=process&time=20000801&format=GTiff&crs=EPSG%3A4326&width=380&height=180&minx=10&miny=31.995&maxx=48.005&maxy=50&version=1.0.0&layer=SPI6> (Pridobljeno 15. 1. 2016.)

Edwards, D.C. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Master of Science degree in Atmospheric Science. Fort Collins, Colorado State University, Department of Atmospheric Science: 155f.

European Environment Agency (EEA), 2001. Sustainable water use. Extreme hydrological events: floods and droughts. Environmental issue report No 21. Luxembourg, EEA- Office for Official Publications of the EC: 84 str.

Gaberščik, A., Urbanc, Berčič, O. 2003. Suše in poplave-katastrofe ali naravne motnje? V: 14. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 15. december, 2003. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 79-83.

Giddings, L., Soto, M., Rutherford, B.M., Maarouf, A. 2005. Standardized Precipitation Index Zones for Mexico. Atmosfera 18, 1: 33-56.

Gregorič, G., Ceglar, A. 2007. Monitoring suše – regionalni aspekt. V: 18. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 10. december, 2007. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 124-127.

Gustard, A., Bullock, A., Dixon, J. M. 1992. Low flow estimation in the United Kingdom. Institute of Hydrology, Wallingford, UK. No 108: 30-34.

Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho, O.V. 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80, 3: 429-438.

Izzivi Slovenije na področju suš in degradacije tal. 2010.

https://www.google.si/?qws_rd=cr&ei=dYgcVbgD4g4sQGstlblCA#q=izzivi+slovenije+na+podro%C4%8Dju+su%C5%A1 (Pridobljeno 5. 4. 2016.)

Jelen, A. 2013. Možni ukrepi v poljedelstvu pred posledicami kmetijske suše. Zaključna seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta (samozaložba A. Jelen): 76 f.

Kašpárek, L., Novický, O. 1997. Application of a physically-based model to identify factors causing hydrological drought in western and central European basins. FRIEND'97 — Regional hydrology: Concepts and models for sustainable water resource management, IAHS Publ. No 246: 197–204.

Kemp, D.D. 1990. *Global environmental issues: a climatological approach*. London; New York: Routledge: 220 str.

Kikec, T. 2005. Suša v Pomurju. *Geografski obzornik: strokovna revija za popularizacijo geografije* 52, 1: 19-26.

Kmetijska suša-od sledenja do upravljanja. 2013.

<http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/projekti/Susnik.pdf>

(Pridobljeno 30. 5. 2015.)

Kobold, M., Mikulič, Z., Sušnik, M., Rogelj, D. 2000. Hidrološka suša v letu 2000. V: 11. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 8. december, 2000. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 1-9.

Kobold, M., Sušnik, M. 2003. Hidrološke razmere površinskih voda opazovanih slovenskih rek v letu 2003. V: 14. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 15. december, 2003. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 70-78.

Lloyd–Hughes, B., Saunders, M.A. 2002a. A Drought Climatology for Europe. *International Journal of Climatology* 22, 13: 1571-1592.

Lloyd–Hughes, B. 2002b. The Long-Range Predictability of European Drought. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy of the University of London. London, University College London, Department of Space and Climate Physics, Mullard Space Science Laboratory: str. 203.

Maracchi, G. 2000. Agricultural Drought – A Practical Approach to Definition, Assessment and Mitigation Strategies. V: Vogt, J.V. (ur.), Somma, R. (ur.). Drought and Drought Mitigation in Europe. Dordrecht [etc.], Kluwer academic publishers: str. 63-75.

McKee, T.B., Nolan, D.J., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. V: Preprints of 8th Conference on Applied Climatology. January 17-22, Anaheim, California, 1993. p. 179-184.

Meteorološki letopis 2009.

<http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%C5%A1ki%20letopis/2009mreza.pdf>

(Pridobljeno 8. 2. 2016.)

Mikoš, M., Krajnc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2003. Hidrološko izrazje = Terminology in hydrology. Acta hydrotechnica 20, 32.

Na obali hidrološka suša, Mura pa lahko poplavi. 2012.

<http://www.24ur.com/novice/slovenija/na-obali-hidroloska-susa-mura-pa-lahko-poplavi.html>

(Pridobljeno 15. 5. 2015.)

Nadbath, M. 2008. Meteorološka postaja Ljubljana-Bežigrad.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/ljubljana-bezigrad.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2011. Meteorološka postaja Šmartno pri Slovenj Gradcu.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/smartno-pri-sg.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2010. Meteorološka postaja Leskovicca.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/leskovicca.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2001. Meteorološka postaja Davča.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/davca.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2007. Meteorološka postaja Železniki.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/zelezniki.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2014. Meteorološka postaja Soča.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/soca.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2011. Meteorološka postaja Mrzla Rupa.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/mrzla-rupa.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

Nadbath, M. 2012. Meteorološka postaja Morsko pri Kanalu.

<http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/morsko.pdf>

(Pridobljeno 13. 2. 2016.)

NDMC. 2015. National Drought Mitigation Center.

<http://drought.unl.edu> (Pridobljeno 10. 11. 2015.)

Niemeyer, S. 2008. New drought indices. V: Lopez-Francos A. (ur.). Drought management: scientific and technological innovations. 1. International Conference Drought Management: Scientific and Technological Innovations, Zaragoza, Spain, June 12-14, 2008. (Options Mediterraneennes : Serie A. Seminaires Mediterraneens ; No. 80). Zaragoza, CIHEAM-IAMZ: p. 267-272.

Ocenjena škoda po elementarnih nesrečah. 2009.

http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=5 (Pridobljeno 5. 5. 2015.)

Panofsky, H.A., Brier, G.W. 1958. Some applications of statistics to meteorology: The Pennsylvania State University Press: 224 str.

Pearce, F. 1996. Deserts on our doorstep. New Scientist. 151: 12-13.

Program to Calculate Standardized Precipitation Index. 2015.
<http://drought.unl.edu/monitoringtools/downloadablespiprogram.aspx>
(Pridobljeno 15. 11. 2015.)

Suša sredi padavinskega otoka Evrope. 2012.
<http://www.delo.si/druzba/panorama/susa-sredi-padavinskega-otoka-evrope.html>
(Pridobljeno 10. 5. 2015.)

Sušnik, A. 2006. Vodni primanjkljaj v Sloveniji in možni vplivi podnebnih sprememb. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo (samozaložba A. Sušnik): 147 f.

Sušnik, A., Gregorič, G., Uhan, J., Kobold, M., Andjelov, M., Petan, S., Pavlič, U., Valher, A. 2013. Spremenljivost suš v Slovenskem prostoru in analiza suše 2013. V: 24. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 4. December, 2013. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 102-110.

Sušnik, A., Gregorič, G. 2008. Trendi ranljivosti na kmetijsko sušo. V: 19. Mišičev vodarski dan: zbornik referatov, Maribor, 8. december, 2008. Maribor: Vodnogospodarski biro: str. 26-31.

Sušnik, A., Kurnik, B. 2003. Katastrofalna kmetijska suša leta 2003. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, 2003/2004, 17-18: 54-60.

Sušnik, A., Valher, A. 2012. Spomladanska suša in drugi vremenski vplivi na kmetijske rastline leta 2011. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. 2012, 26: 55-69.

Szalai, S., Szinell, C. 2000. Comparison of Two Drought Indices for Drought Monitoring in Hungary – A Case Study. V: Vogt, J.V. (ur.), Somma, R. (ur.). Drought and Drought Mitigation in Europe. Dordrecht [etc.], Kluwer academic publishers: str. 161-166.

Strojan, I., Pogačnik, N., Petan, S., Kosec, D. 2010. Potek, meritve in obveščanje ob septembrskih poplavah leta 2010. Ujma: revija za vprašanja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, 2010, 25: 33-36.

Šebenik, U. 2012. Analiza suše s pomočjo Standardiziranega padavinskega indeksa. Diplomatska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Šebenik): 122 f.

Šebenik, U. 2011. Suša in kako se ji zoperstaviti. Seminarska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Šebenik): 55 f.

Škoda zaradi suše znaša okoli 60 milijonov. 2012.

<http://www.rtv slo.si/okolje/skoda-zaradi-suse-znasa-okoli-60-milijonov/291402>

(Pridobljeno 15. 5. 2015.)

Tallaksen, L. M., Hisdal, H. 1997. Regional analysis of extreme streamflow drought duration and deficit volume. FRIEND'97 — Regional hydrology: Concepts and models for sustainable water resource management, IAHS Publ. No 246: 141-150.

Tate, E.L., Gustard, A. 2000. Drought Definition: A Hydrological Perspective. V: Vogt, J.V. (ur.), Somma, R. (ur.). Drought in Drought Mitigation in Europe. Dordrecht [etc.], Kluwer academic publishers: str. 23-48.

Temperatura tal-enačba letnega hoda na različnih globinah. 2016.

http://www2.arnes.si/~qljsentvid10/temperatura_tal_dif_enacba_tjs.html

(Pridobljeno 11. 2. 2016.)

Thom, H.C.S. 1966. Some Methods of Climatological Analysis. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization. Technical Note No. 81.

Thomsen, R. 1993. Future droughts, water shortages in parts of western Europe. EOS, Trans. Am. Geophysical Union, Vol. 74, No 14: 161–176.

Trontelj, M. 1997. Kronika izrednih vremenskih dogodkov XX. stoletja: pomembni vremenski dogodki v zgodovini: vreme ob pomembnih dogodkih. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: 136 str.

Turk, G. 2011. Verjetnostni račun in statistika.

<http://km.fgg.uni-lj.si/predmeti/ovrs/OVRSLit.htm> (Pridobljeno 13.1. 2016.)

Tušar, P. 2012. Zgodovinska analiza poplav v Sloveniji. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta (samozaložba P. Tušar): 20 f.

Zbitost tal je treba zmanjšati. 2015.

<http://www.kmeckiglas.com/strokovni-nasveti/zbitost-tal-je-treba-zmanjsati.html>

(Pridobljeno 15. 5. 2015.)

Zorn, M., Komac, B. 2011. Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji in svetu med letoma 1995 in 2010. Acta geographica Slovenica=Geografski zbornik, 2011, 51: 13-37.

Wilhite, D.A., Glantz, M.H. 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International 10, 3: 111-120.

»Ta stran je namenoma prazna.«

SEZNAM PRILOG

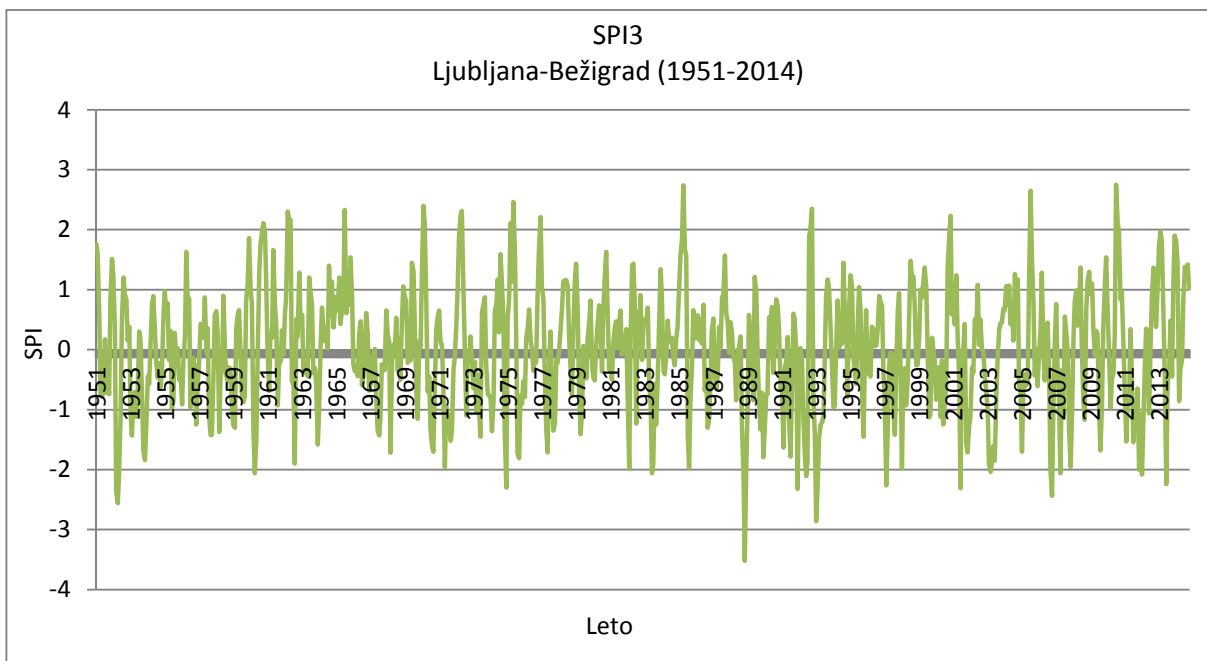
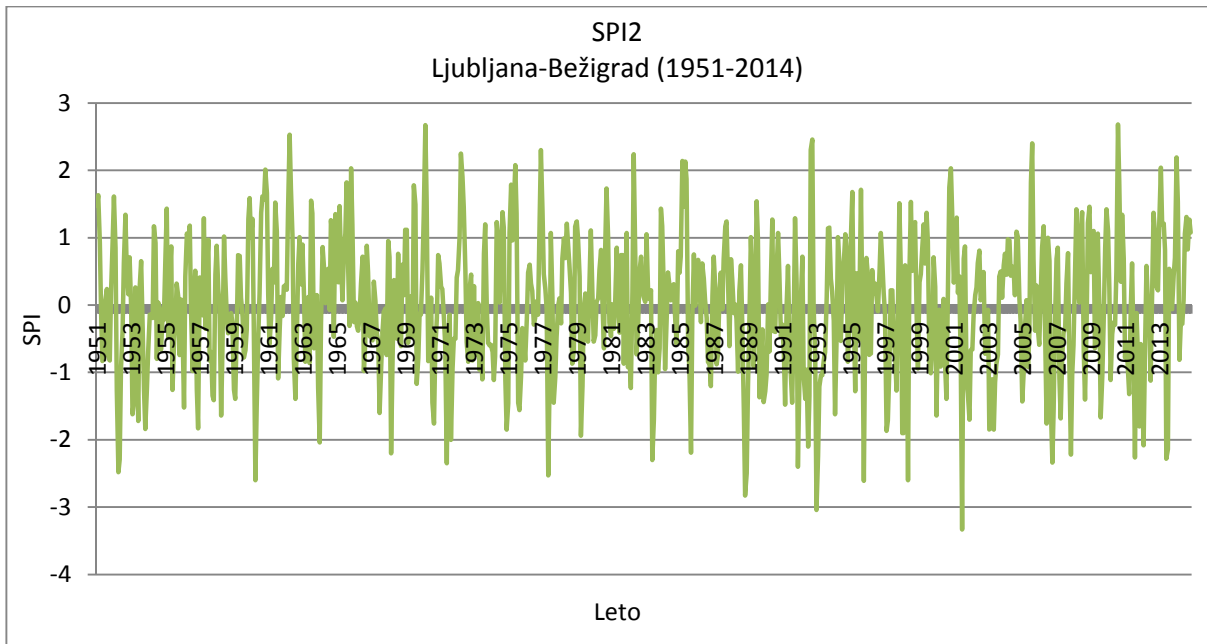
PRILOGA A: IZRAČUNANE VREDNOSTI INDEKSA SPI ZA POSAMEZNE ČASOVNE SKALE

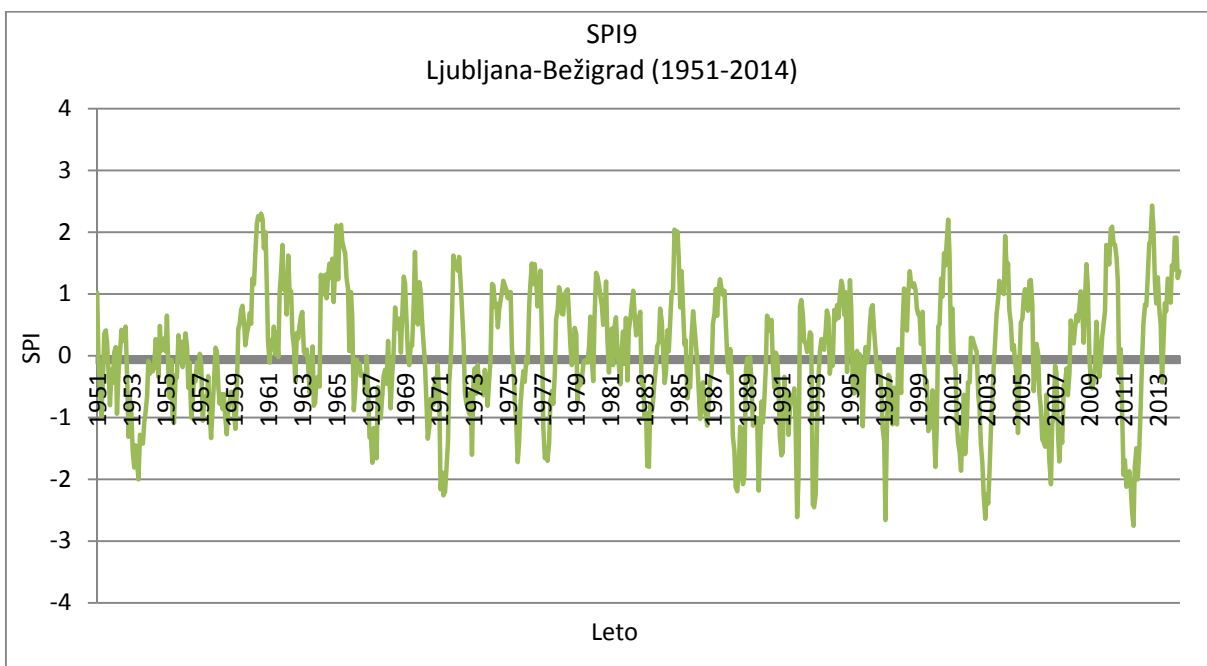
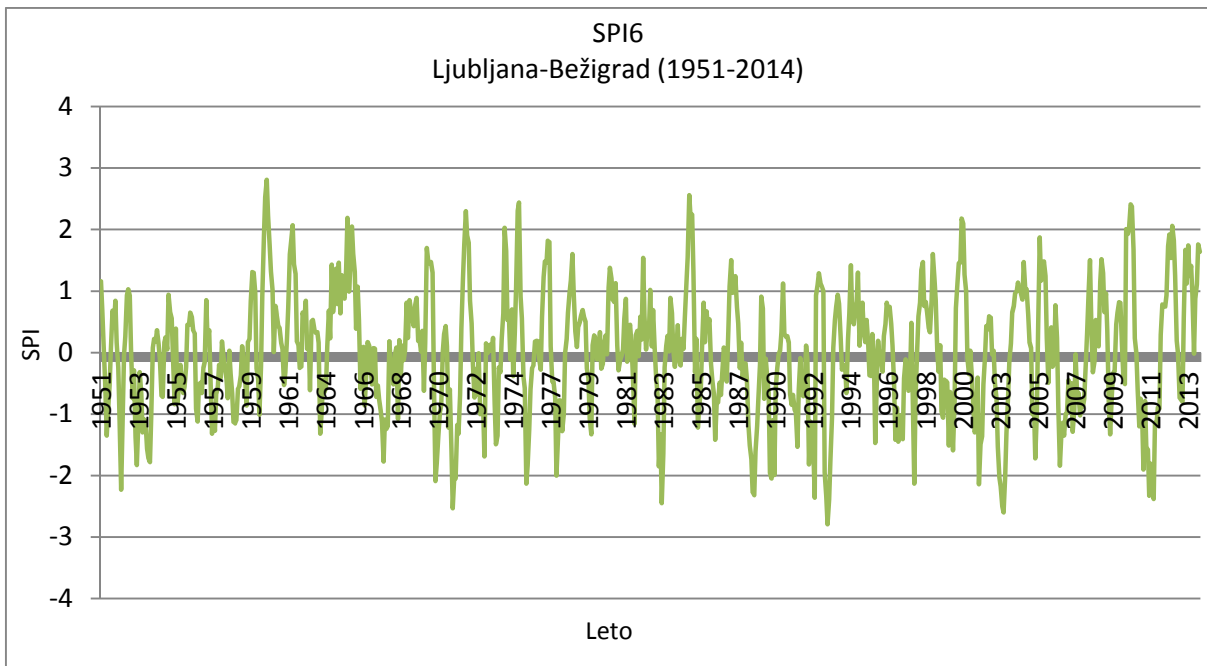
.....	A1
Priloga A.1: SPI za postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje 1951-2014	A2
Priloga A.2: SPI za postajo Novo mesto za obdobje 1951-2014	A4
Priloga A.3: SPI za postajo Celje za obdobje 1951-2014	A6
Priloga A.4: SPI za postajo Maribor za obdobje 1951-2014	A8
Priloga A.5: SPI za postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu za obdobje 1951-2014.....	A10
Priloga A.6: SPI za postajo Rateče za obdobje 1951-2014	A12
Priloga A.7: SPI za postajo Logatec za obdobje 1951-2014.....	A14
Priloga A.8: SPI za postajo Mrzla Rupa za obdobje 1951-2014	A16
Priloga A.9: SPI za postajo Soča za obdobje 1951-2014	A18
Priloga A.10: SPI za postajo Železniki za obdobje 1951-2014	A20
Priloga A.11: SPI za postajo Davča za obdobje 1951-2014	A22
Priloga A.12: SPI za postajo Leskovača za obdobje 1951-2014.....	A24
Priloga A.13: SPI za postajo Podbrdo za obdobje 1951-2014	A26
Priloga A.14: SPI za postajo Črni vrh nad Idrijo za obdobje 1951-2014	A28
Priloga A.15: SPI za postajo Morsko pri Kanalu za obdobje 1951-2014.....	A30
Priloga A.16: SPI za postajo Šempas za obdobje 1951-2014	A32
Priloga A.17: SPI za postajo Podgrad pri Il. Bistrici za obdobje 1955-2014.....	A34
Priloga A.18: SPI za postajo Sinji vrh za obdobje 1951-2014.....	A36
Priloga A.19: SPI za postajo Murska Sobota za obdobje 1951-2014.....	A38
Priloga A.20: SPI za postajo Mislinja za obdobje 1954-2014.....	A40

»Ta stran je namenoma prazna.«

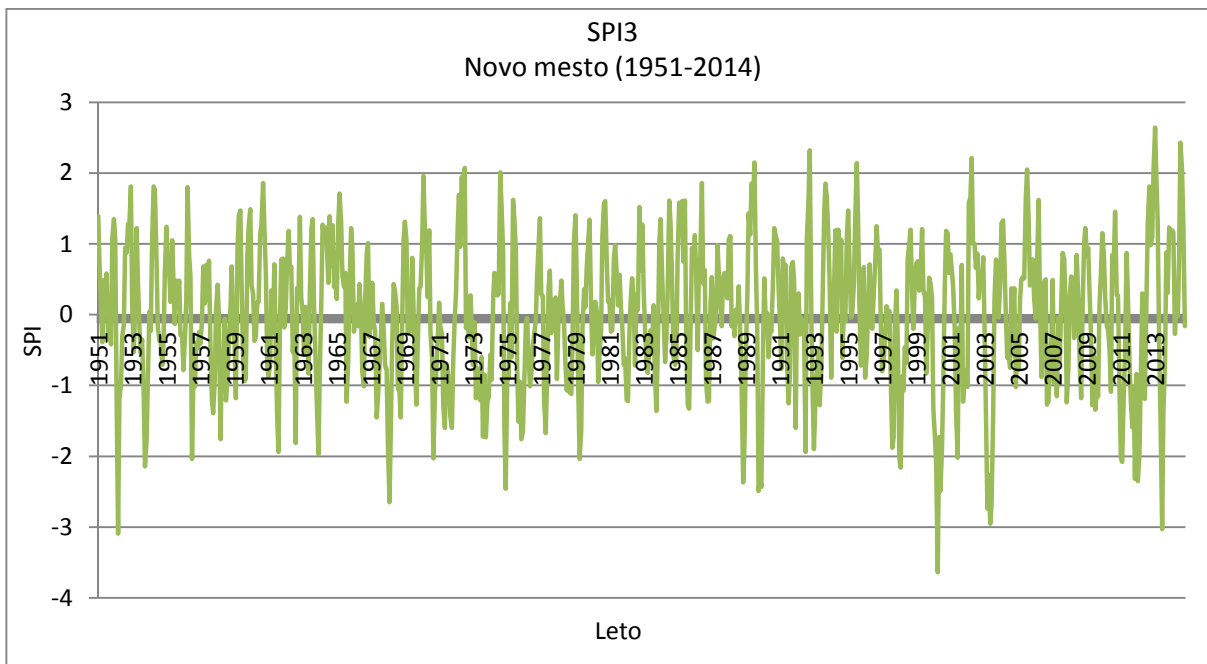
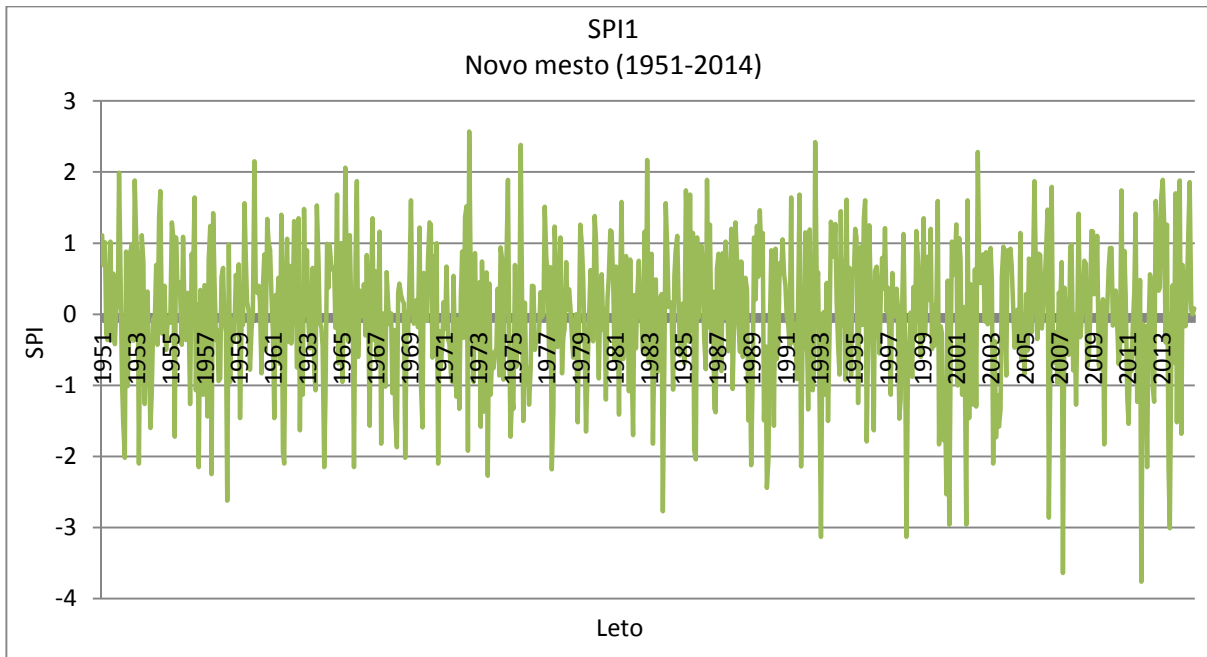
PRILOGA A: IZRAČUNANE VREDNOSTI INDEKSA SPI ZA POSAMEZNE ČASOVNE SKALE

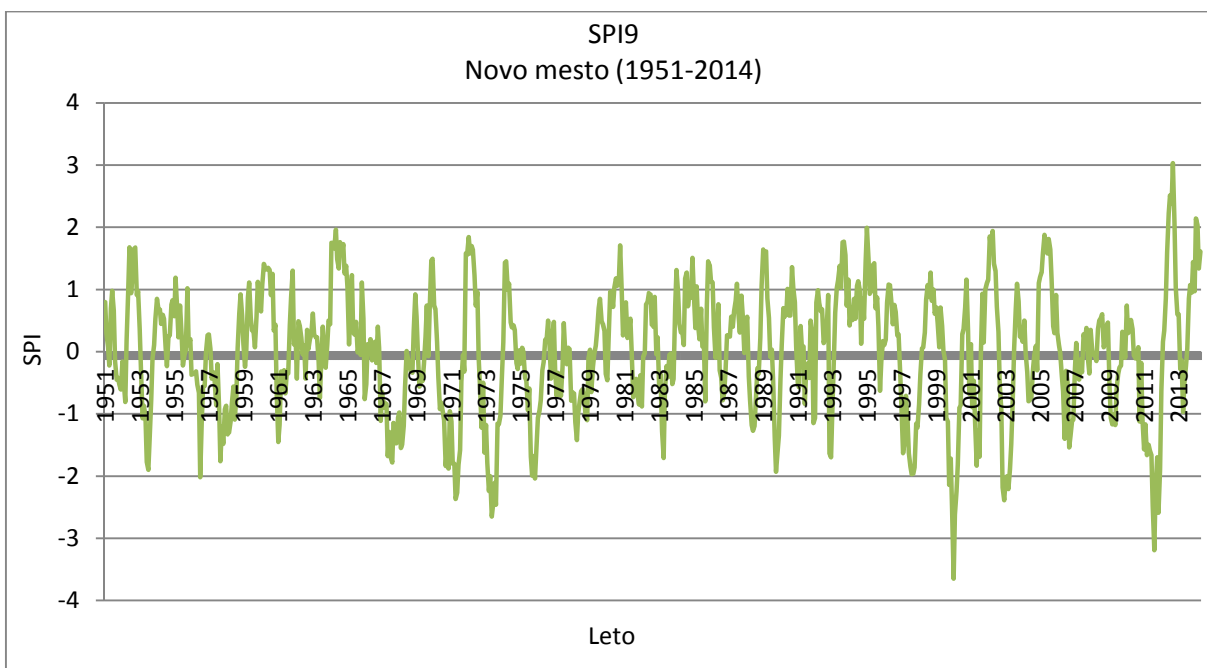
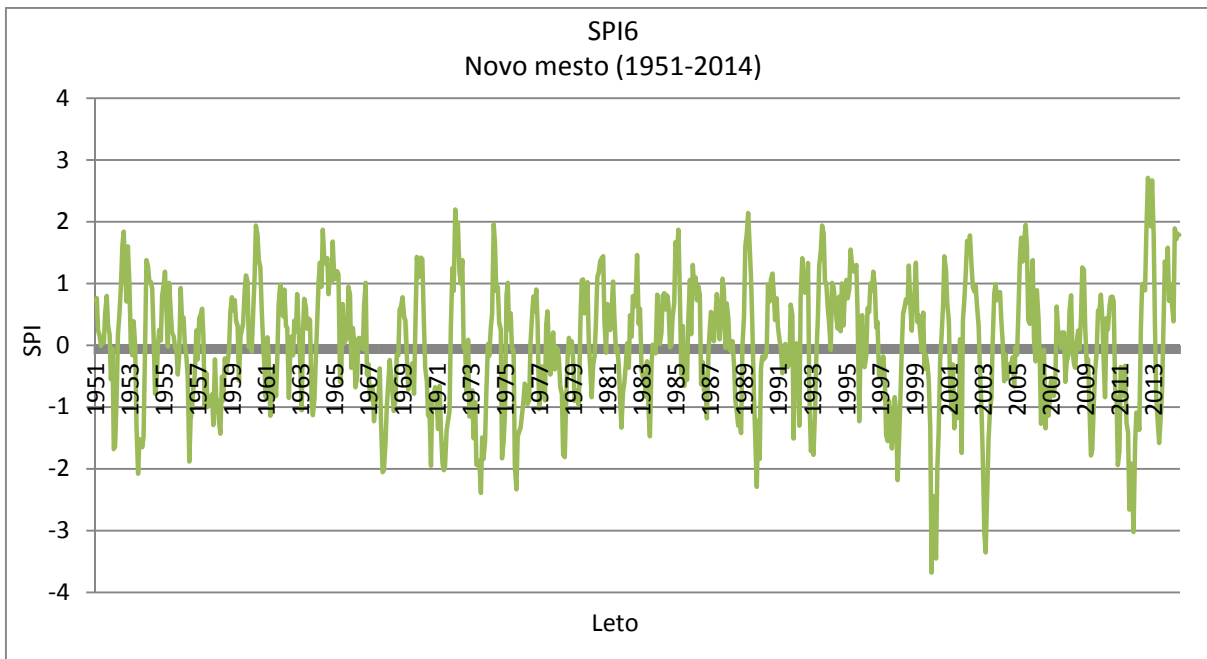
Priloga A.1: SPI za postajo Ljubljana-Bežigrad za obdobje 1951-2014



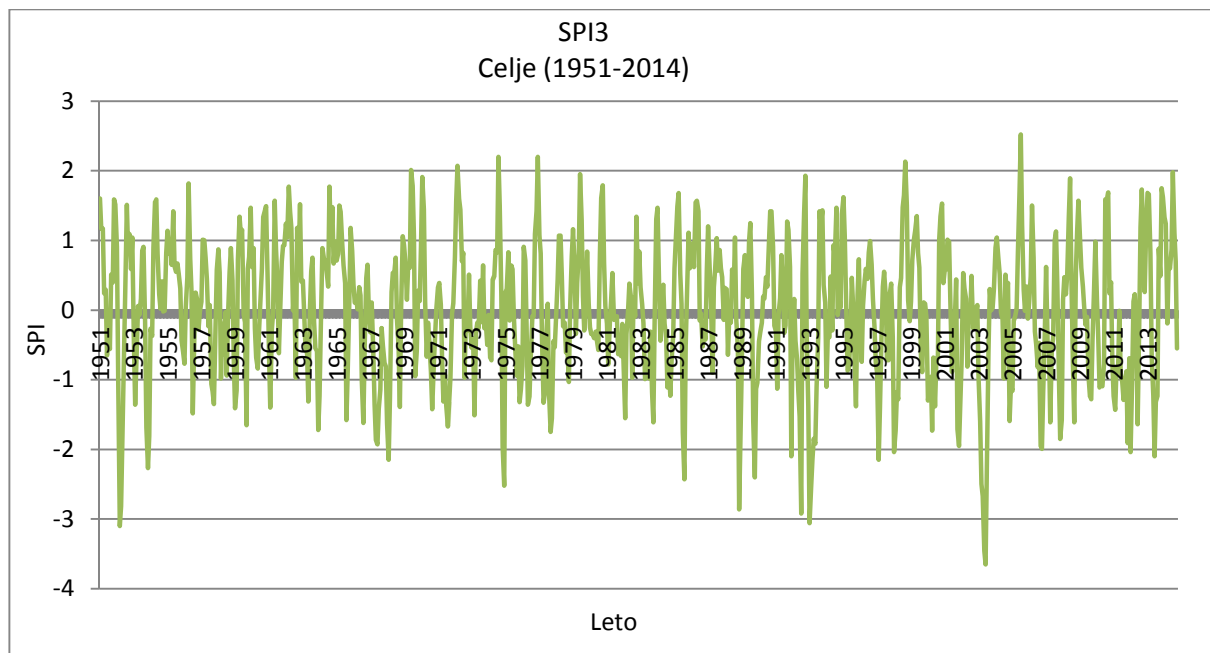
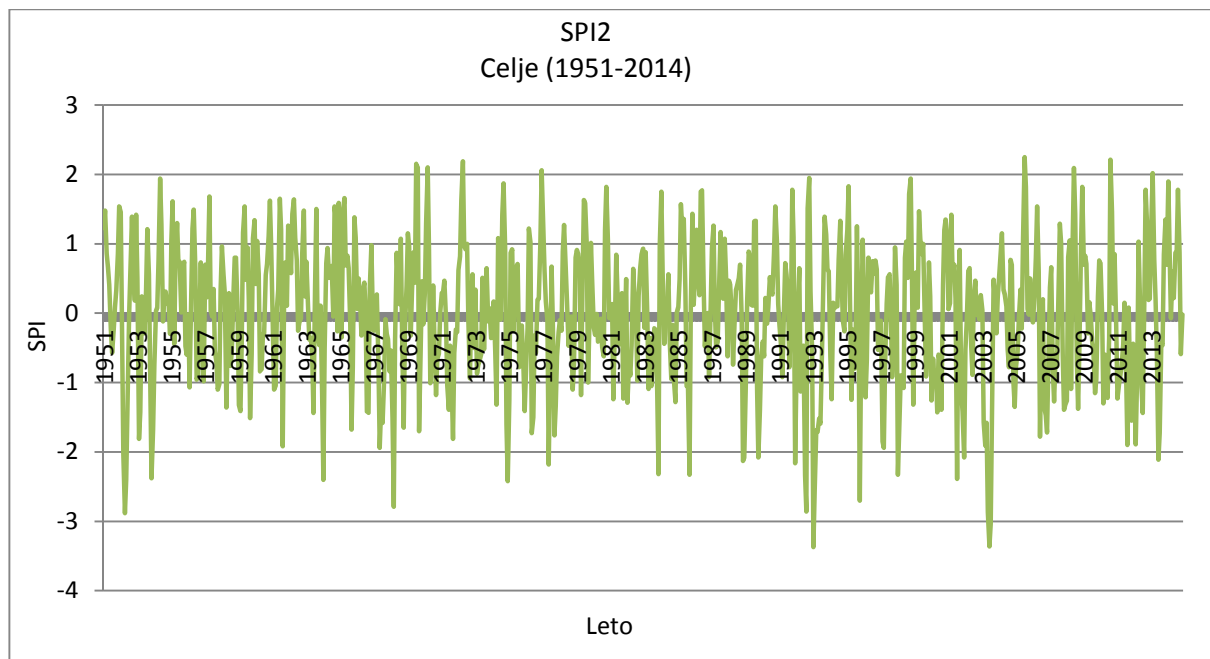


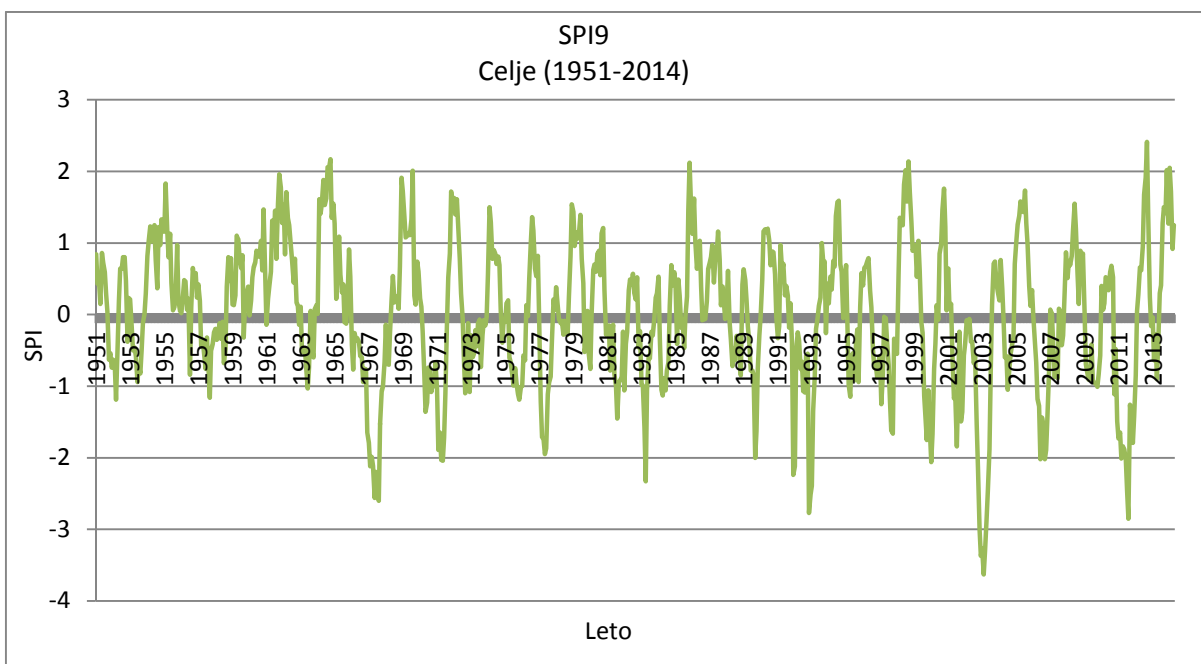
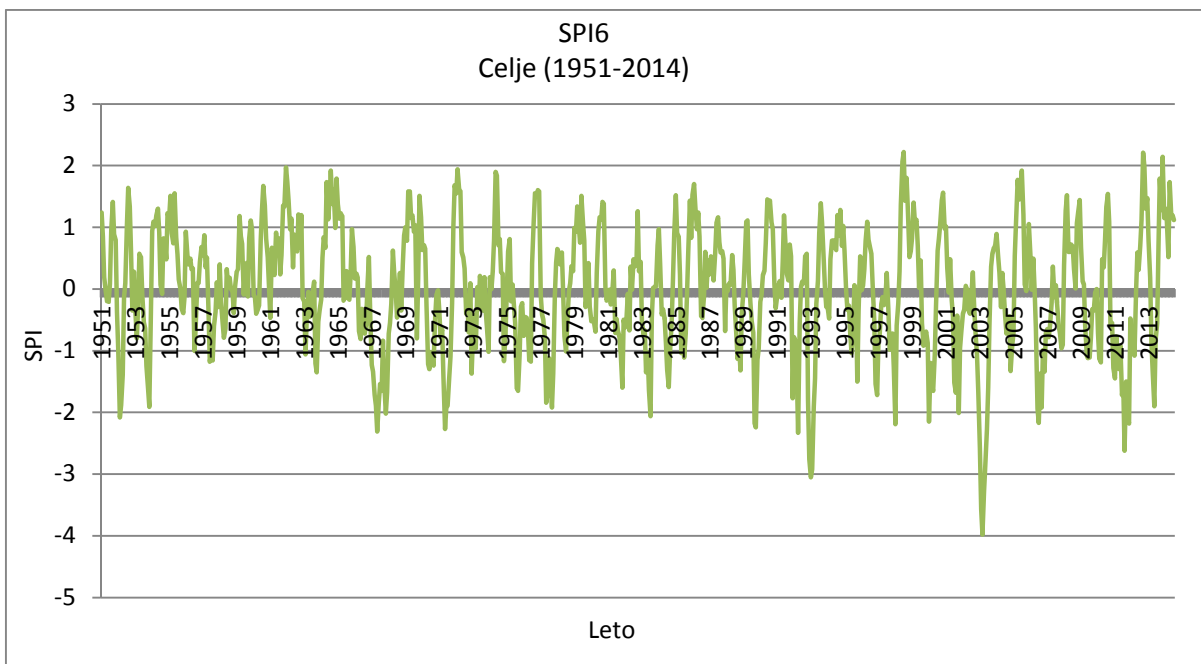
Priloga A.2: SPI za postajo Novo mesto za obdobje 1951-2014



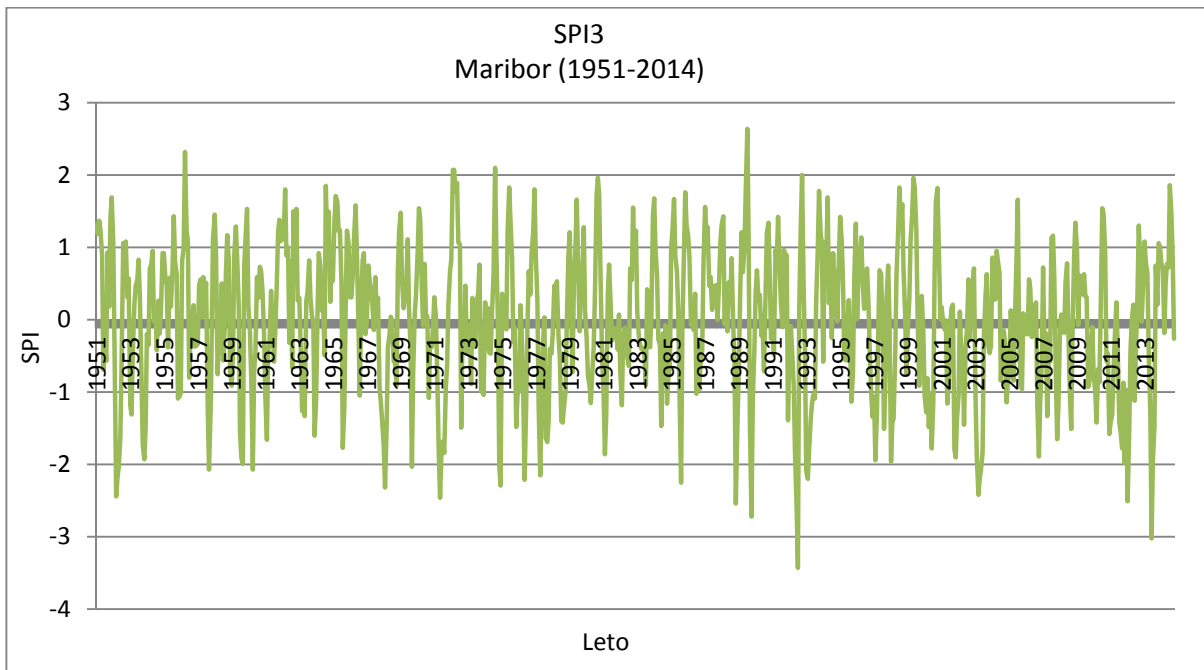
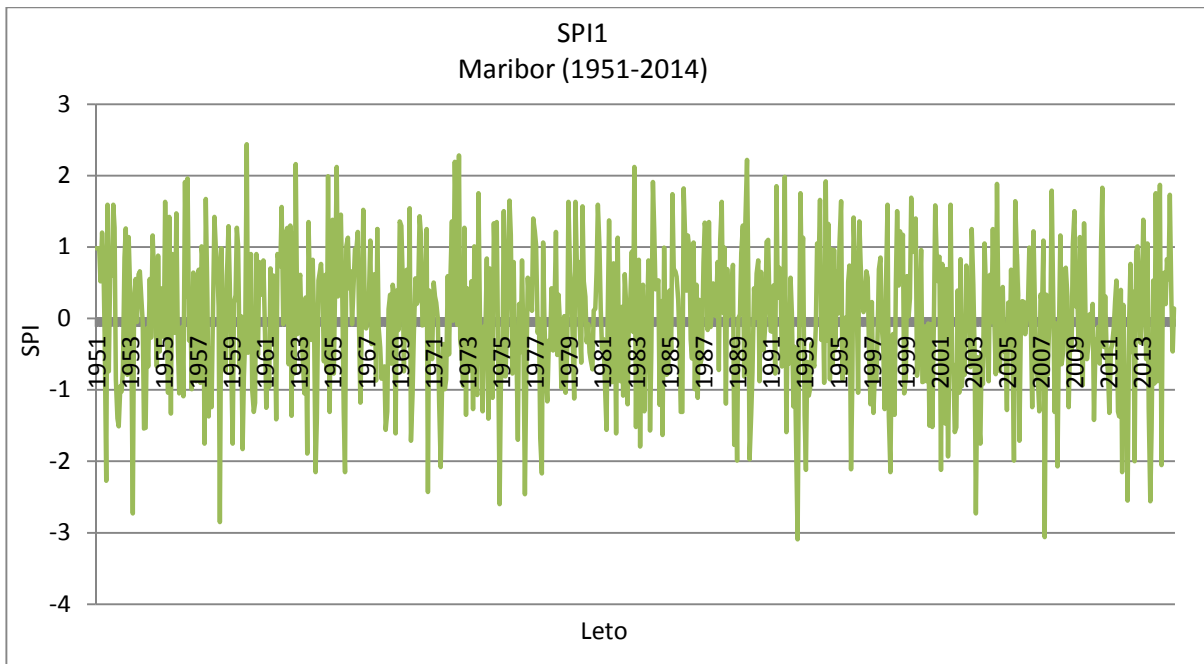


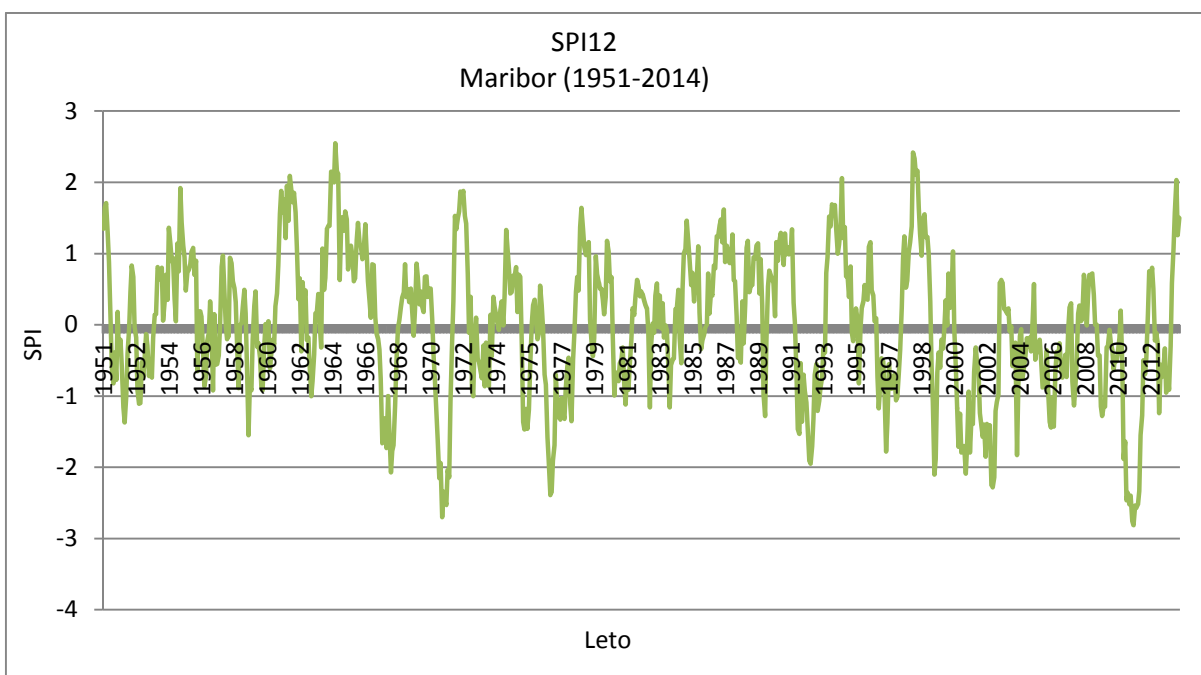
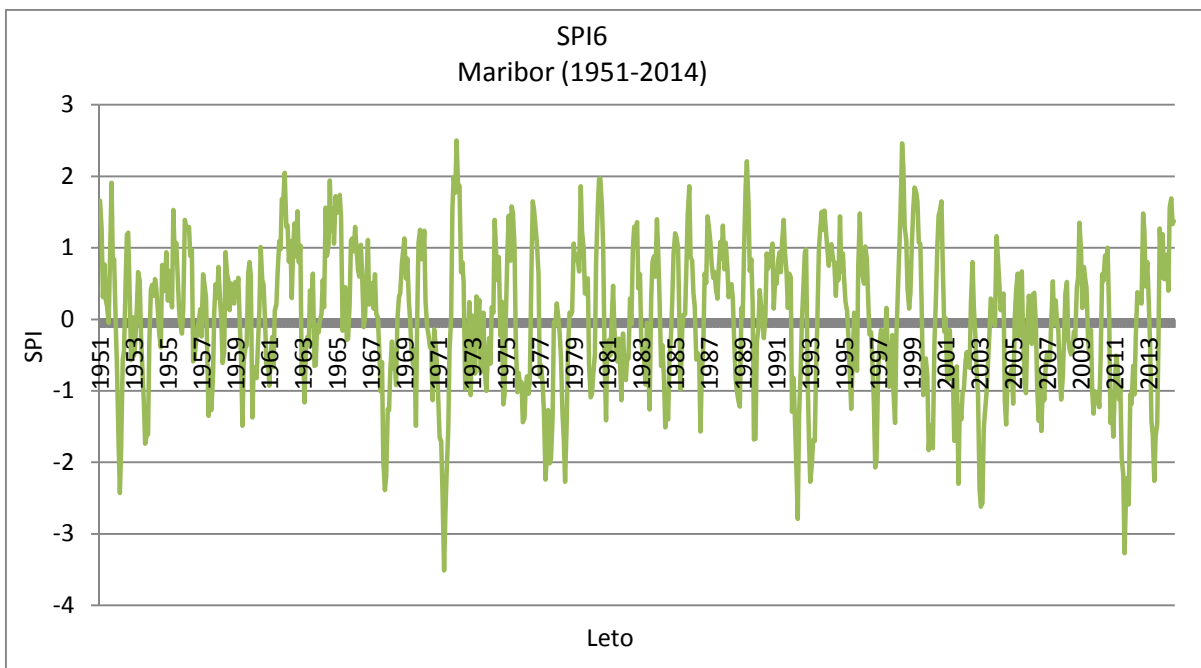
Priloga A.3: SPI za postajo Celje za obdobje 1951-2014



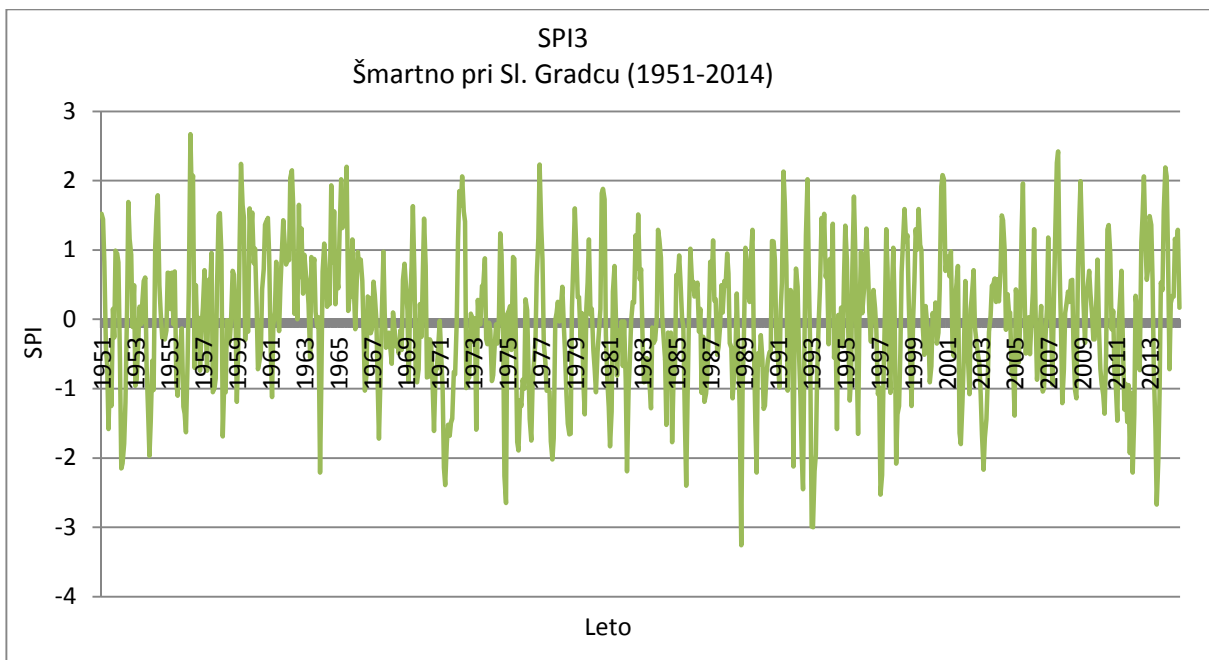
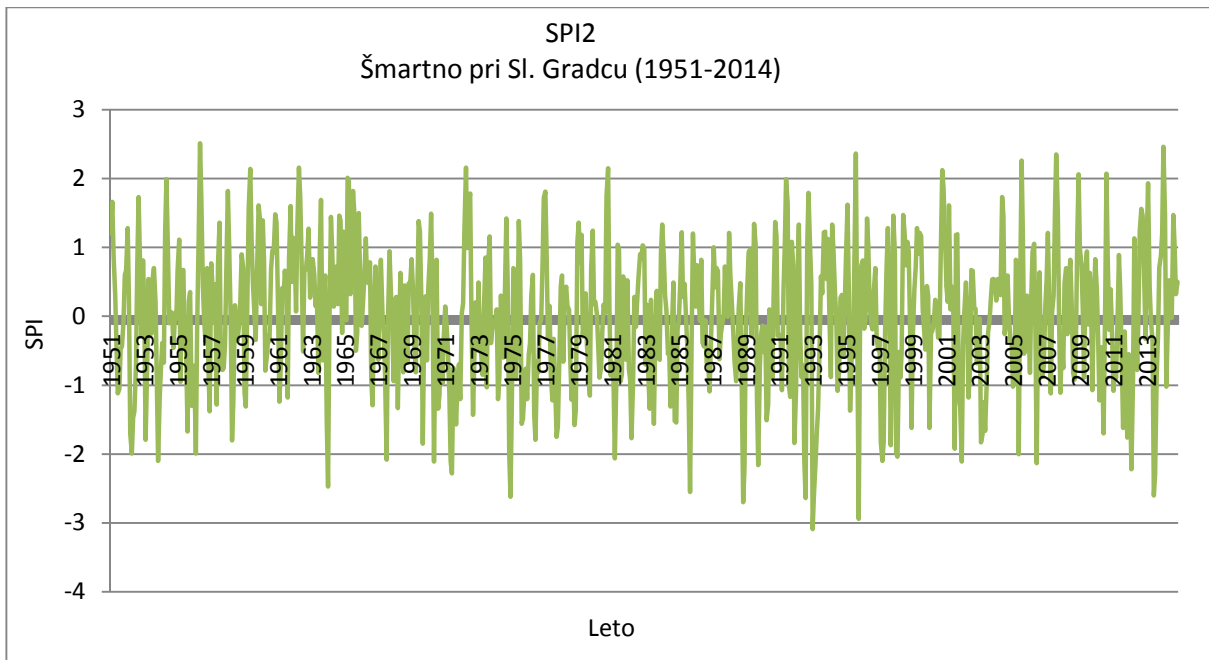


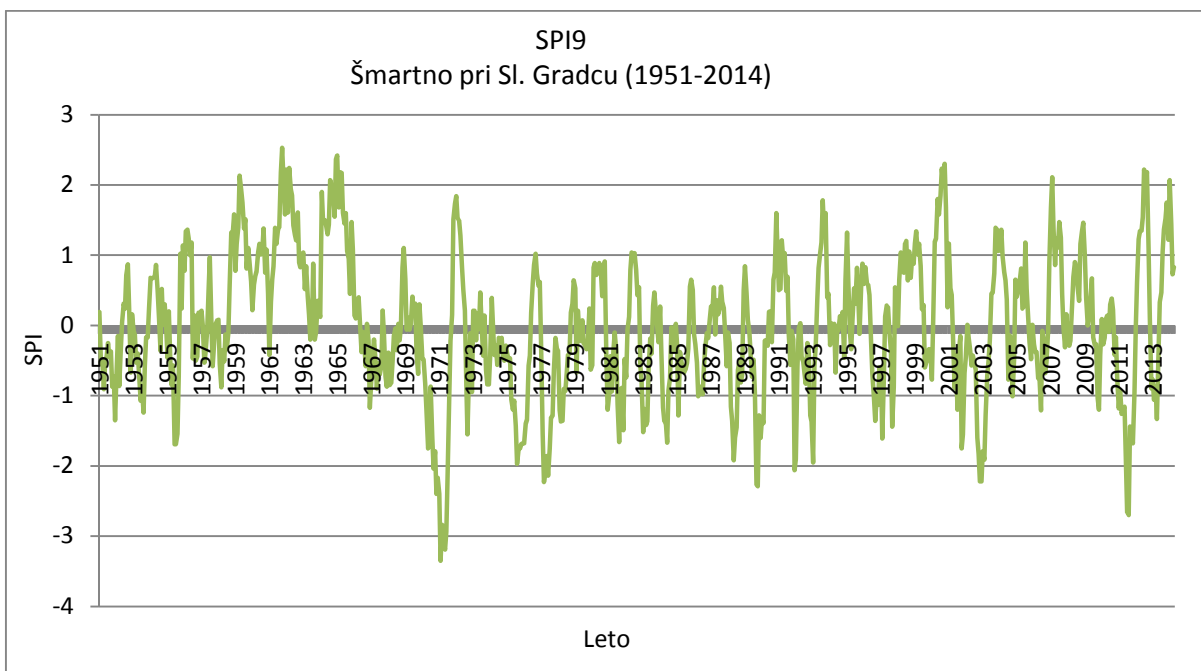
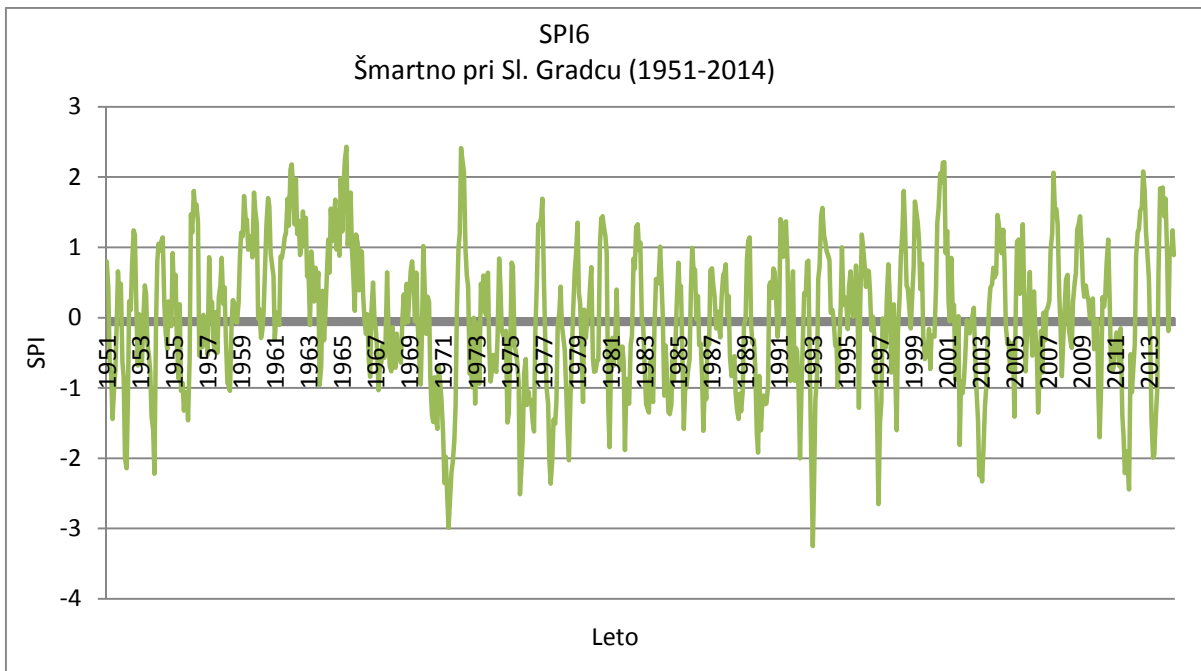
Priloga A.4: SPI za postajo Maribor za obdobje 1951-2014



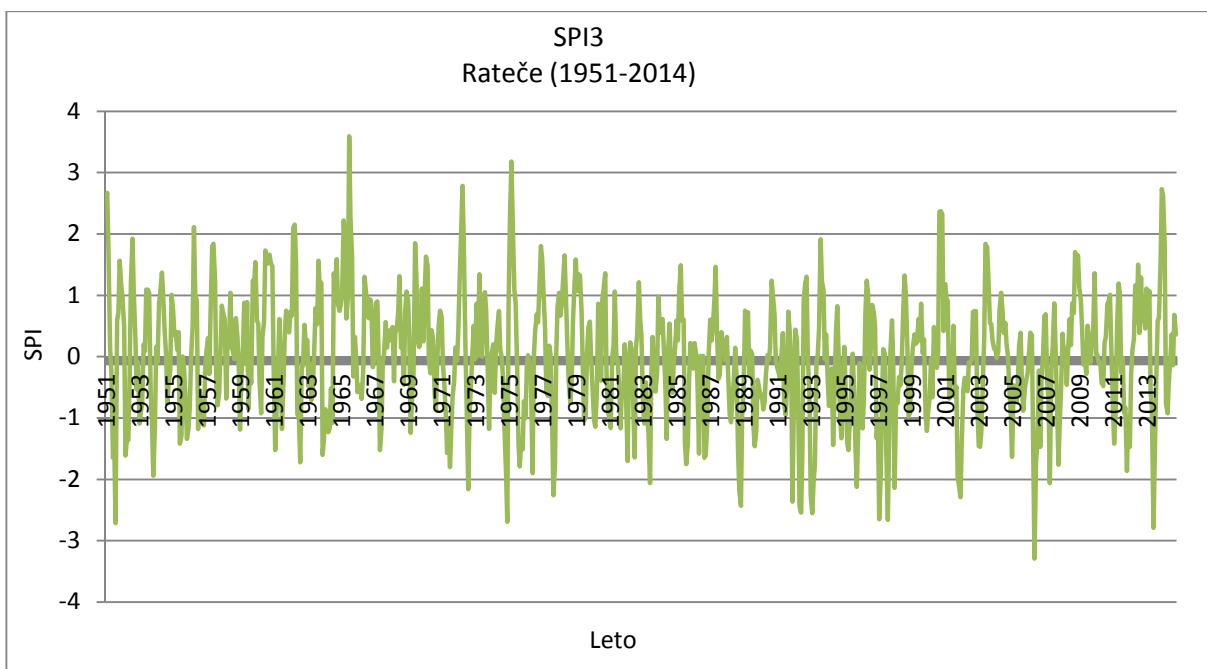
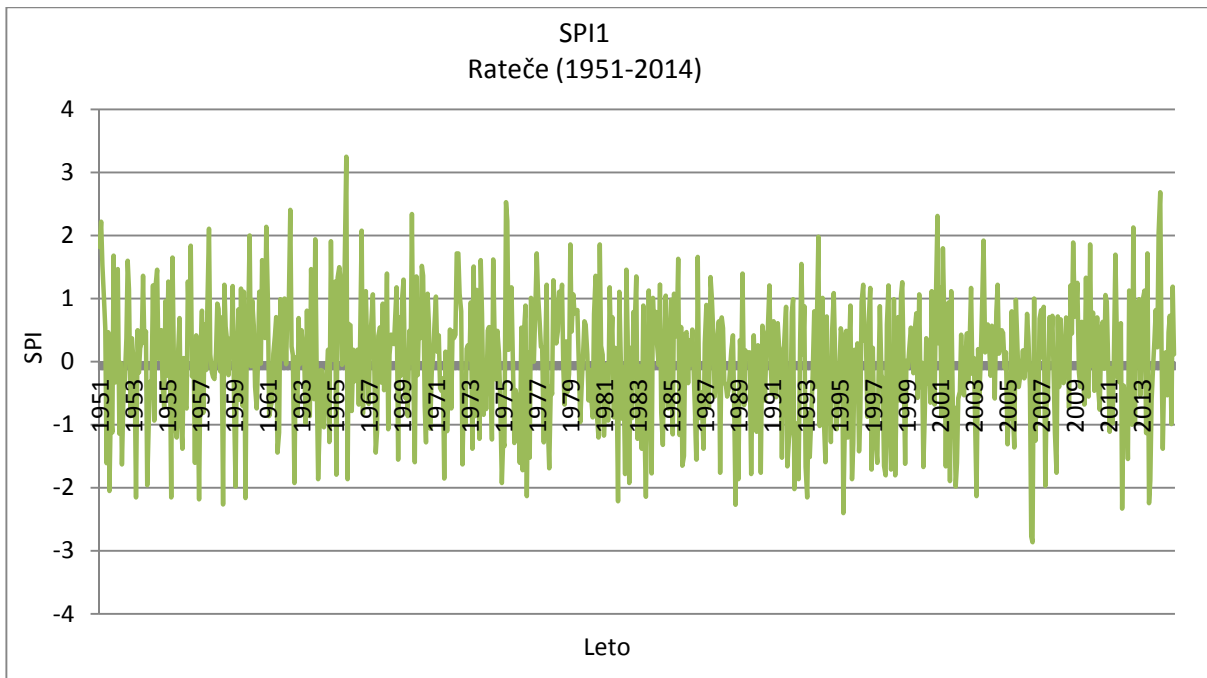


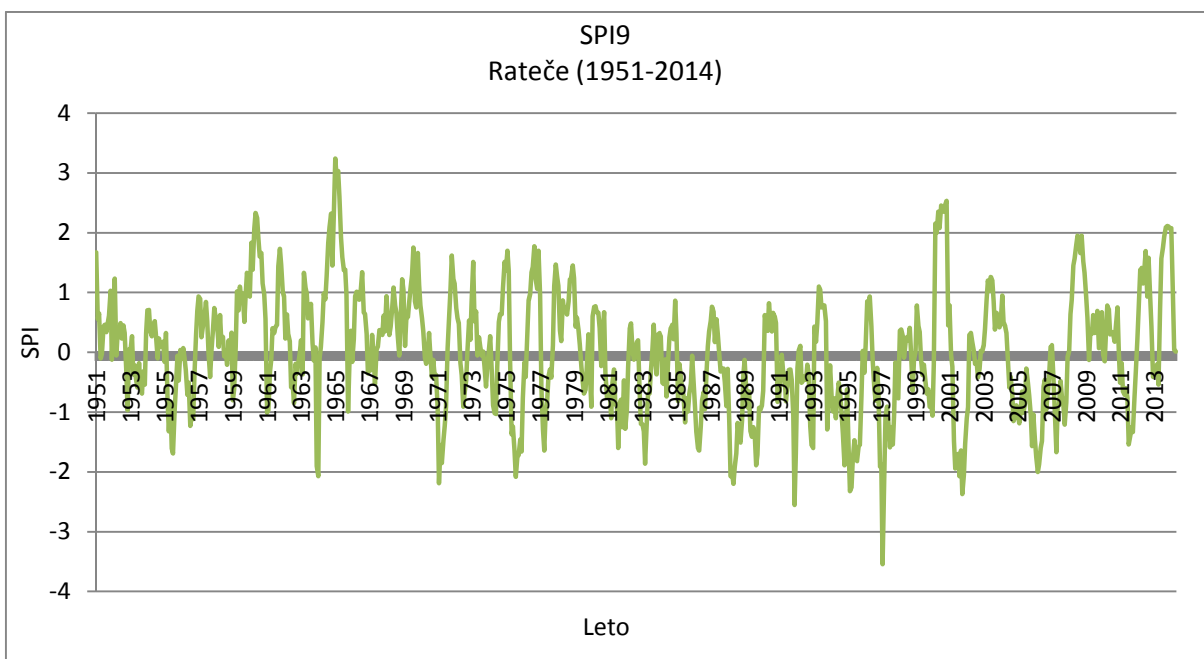
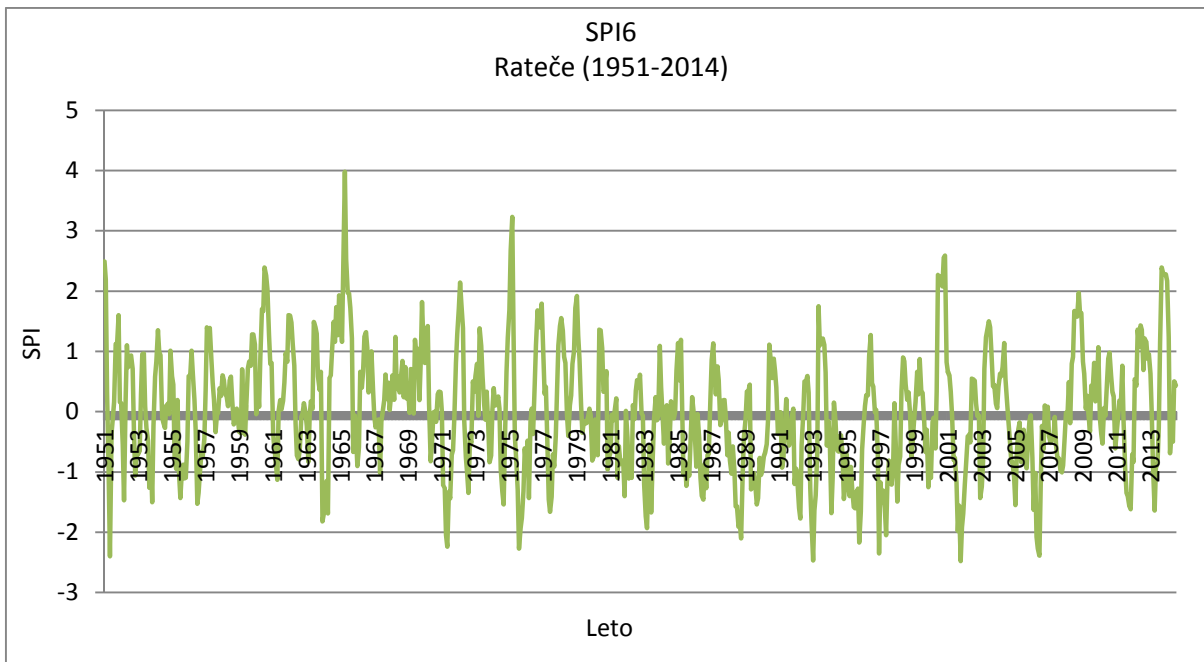
Priloga A.5: SPI za postajo Šmartno pri Slovenj Gradcu za obdobje 1951-2014



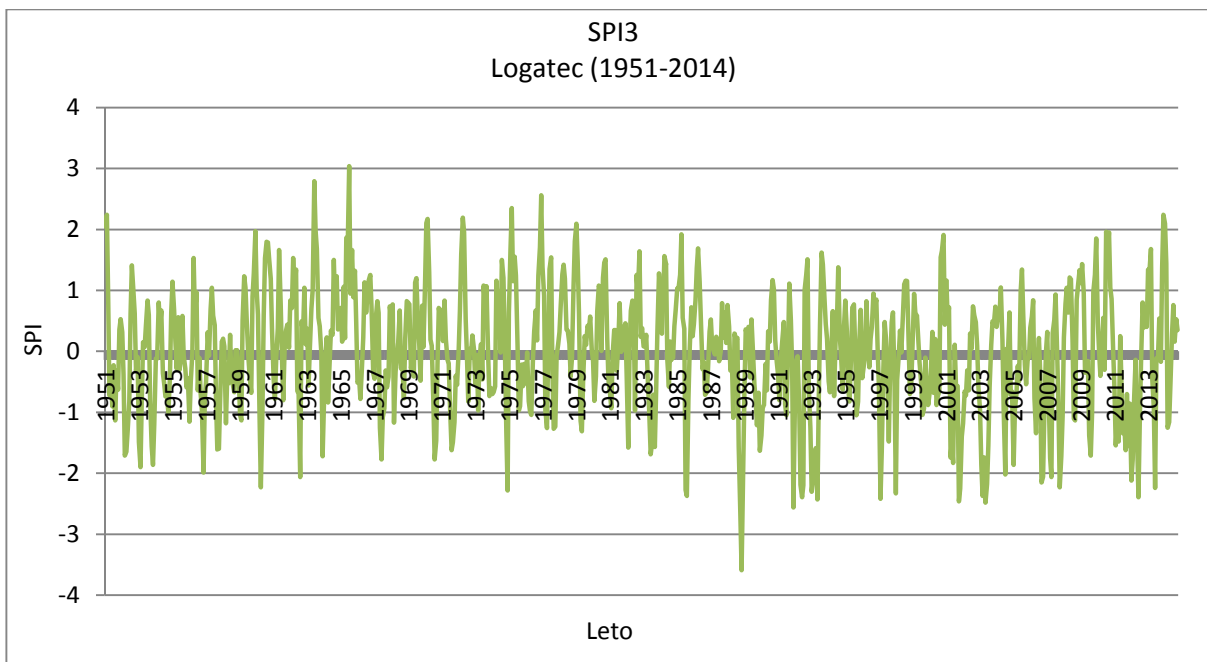
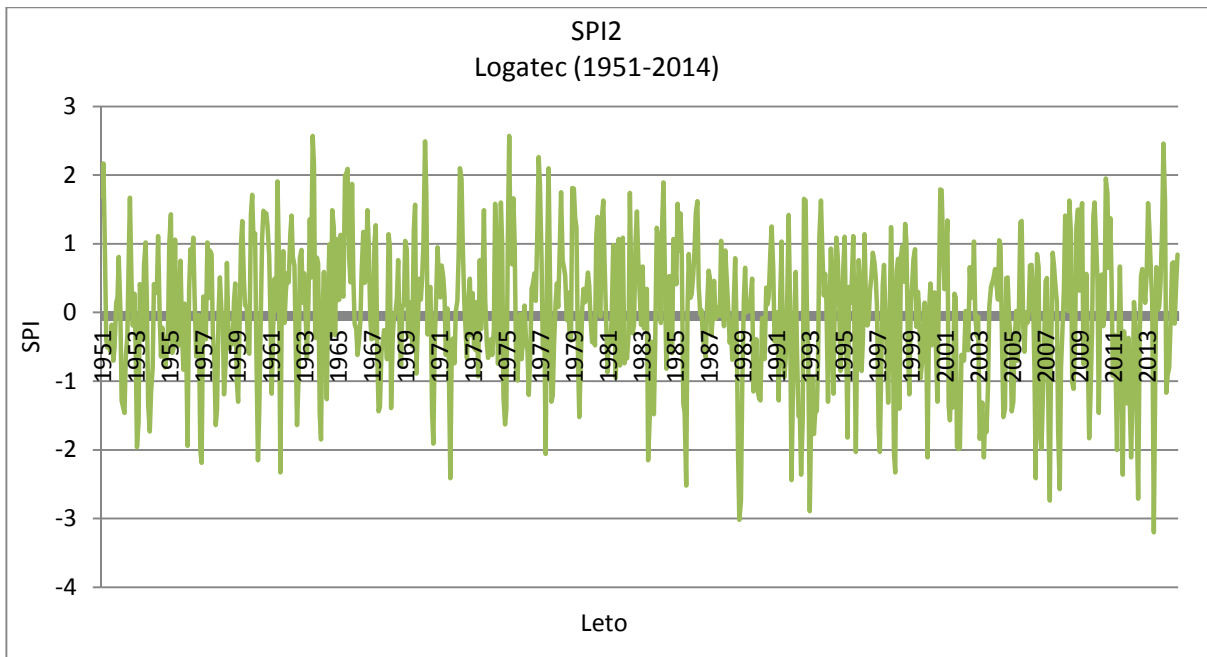


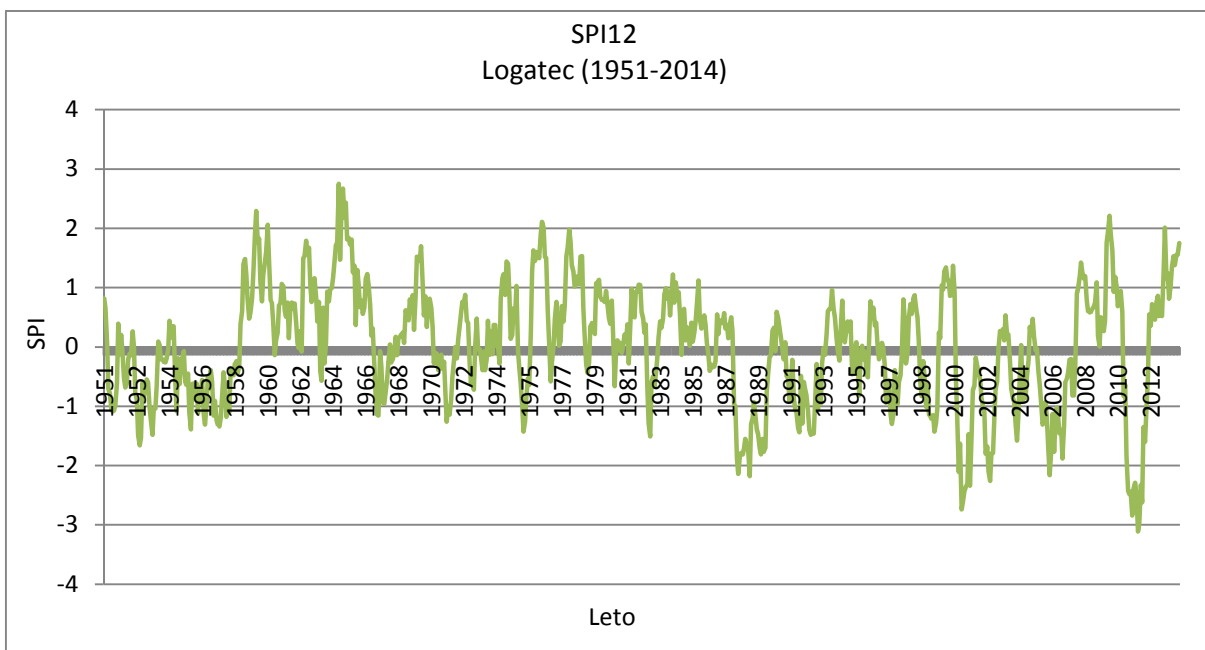
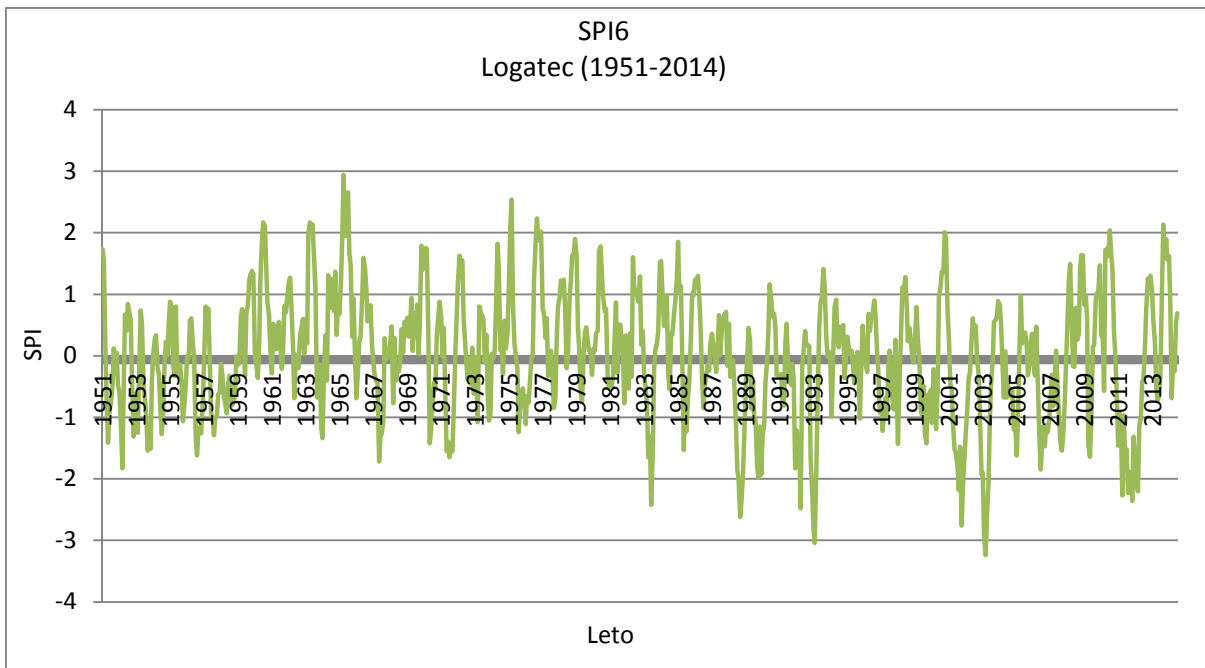
Priloga A.6: SPI za postajo Rateče za obdobje 1951-2014



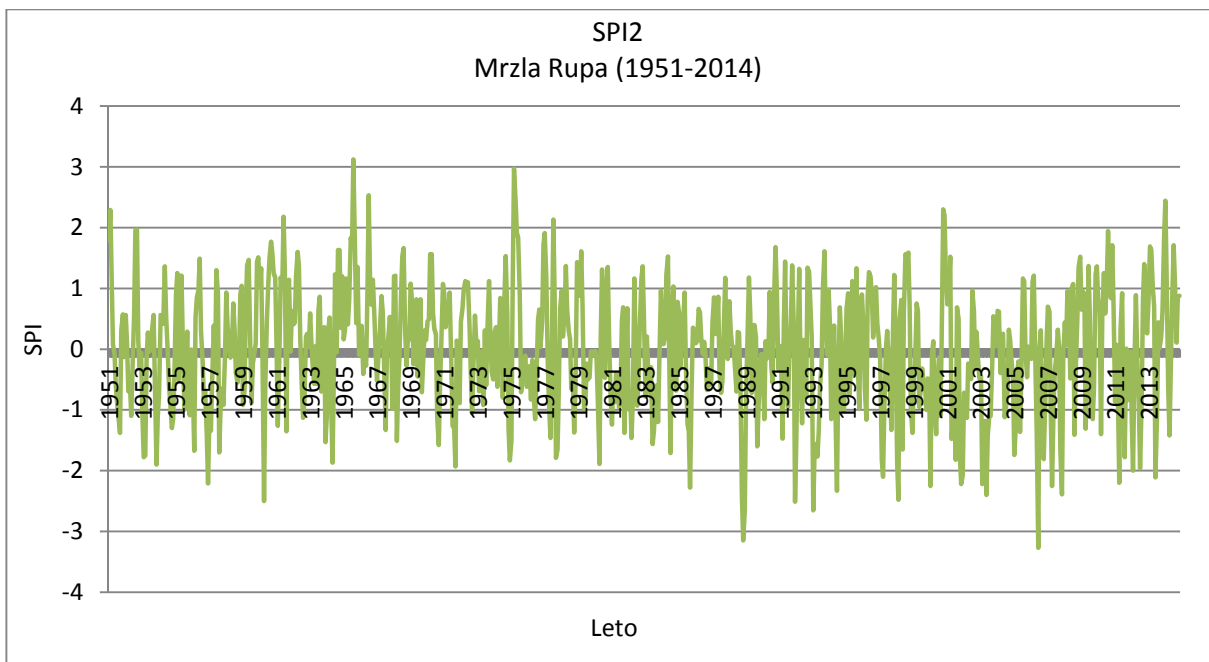
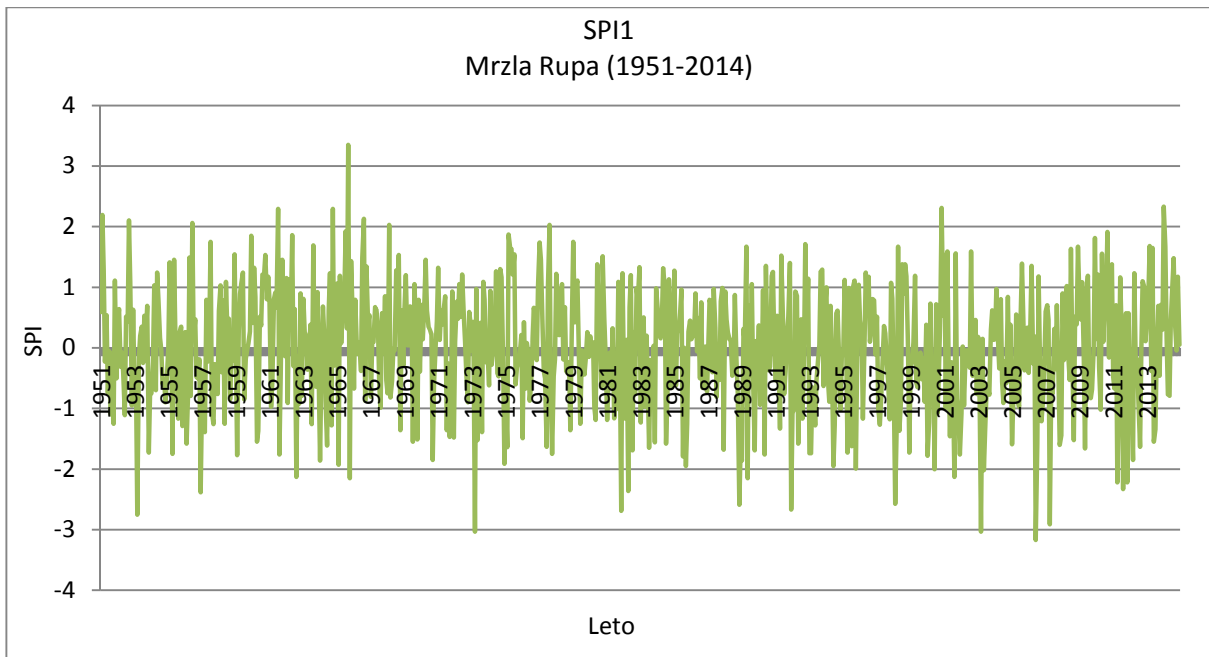


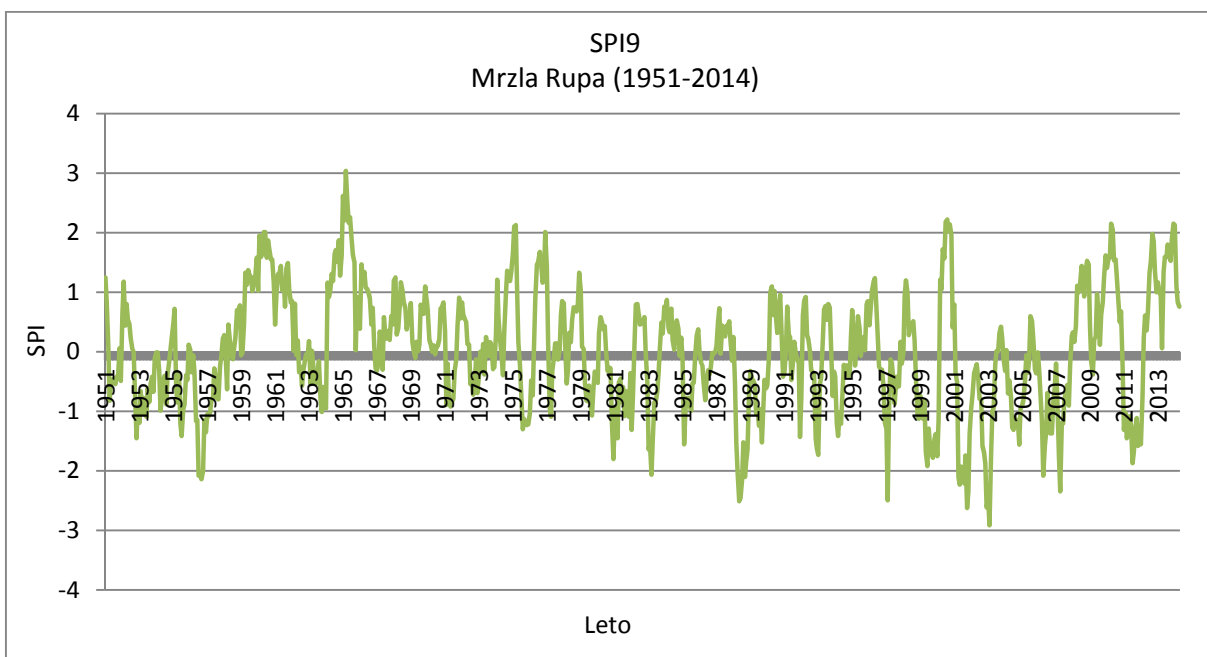
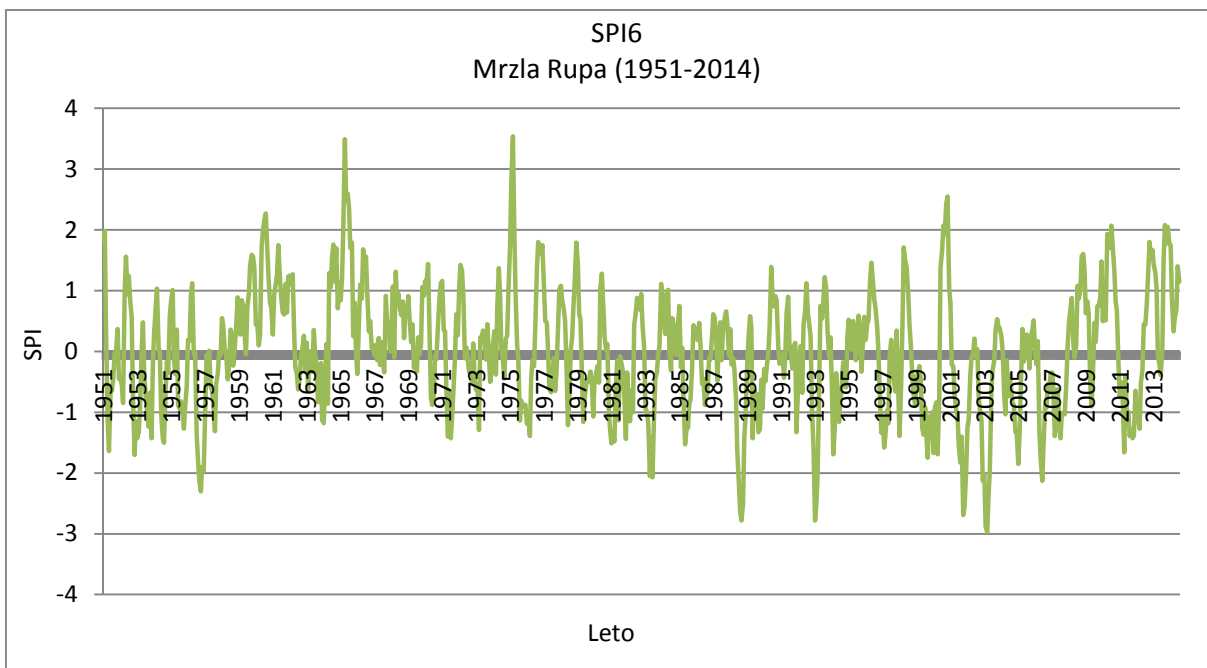
Priloga A.7: SPI za postajo Logatec za obdobje 1951-2014



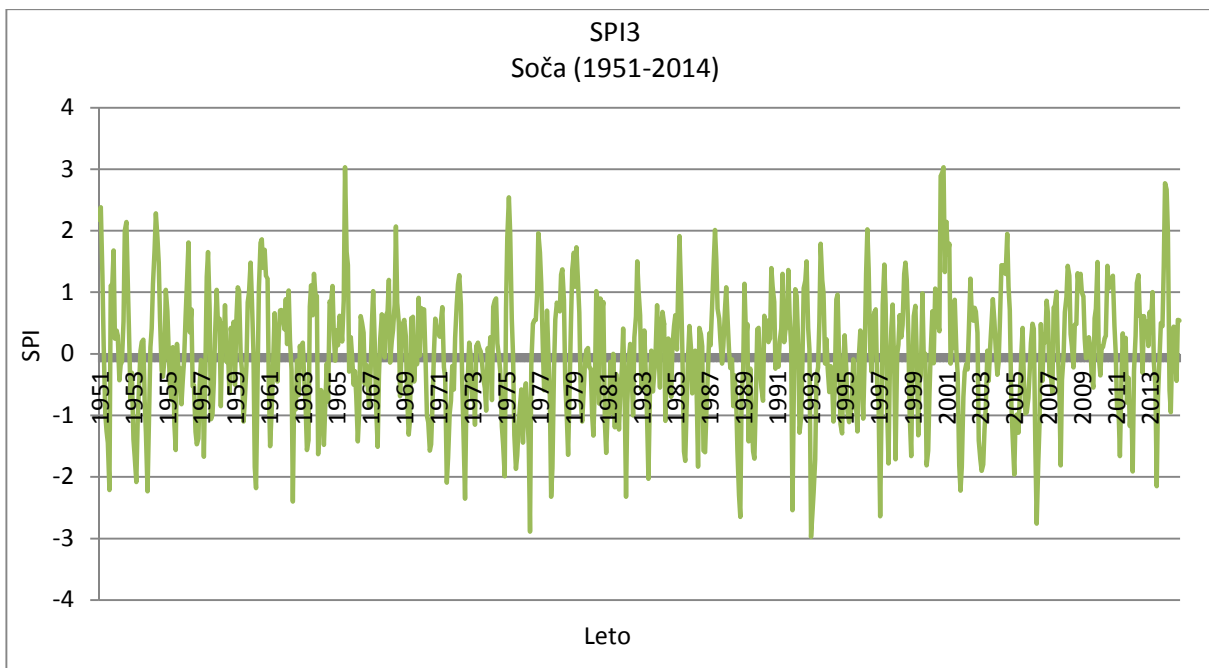
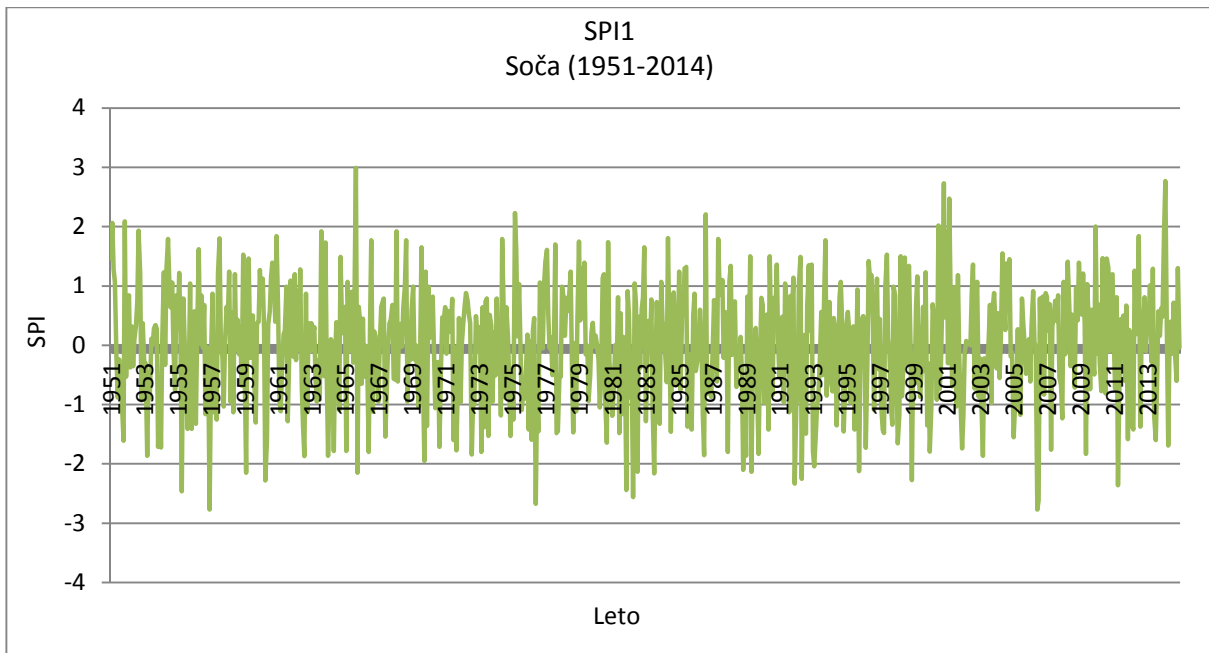


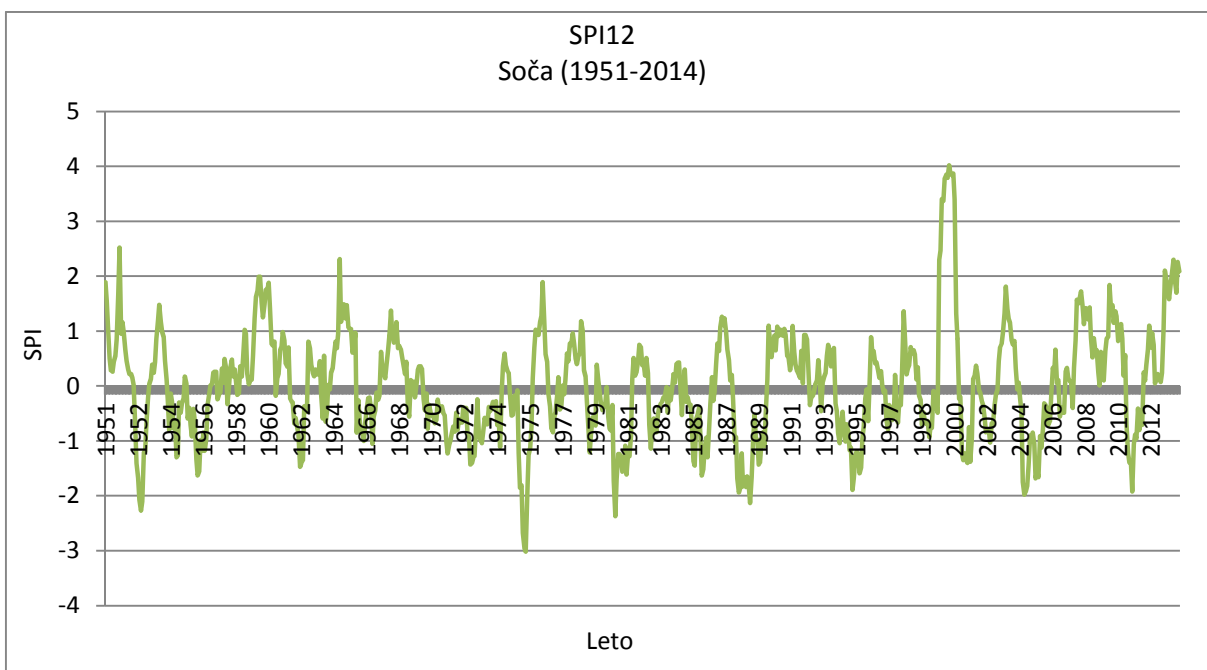
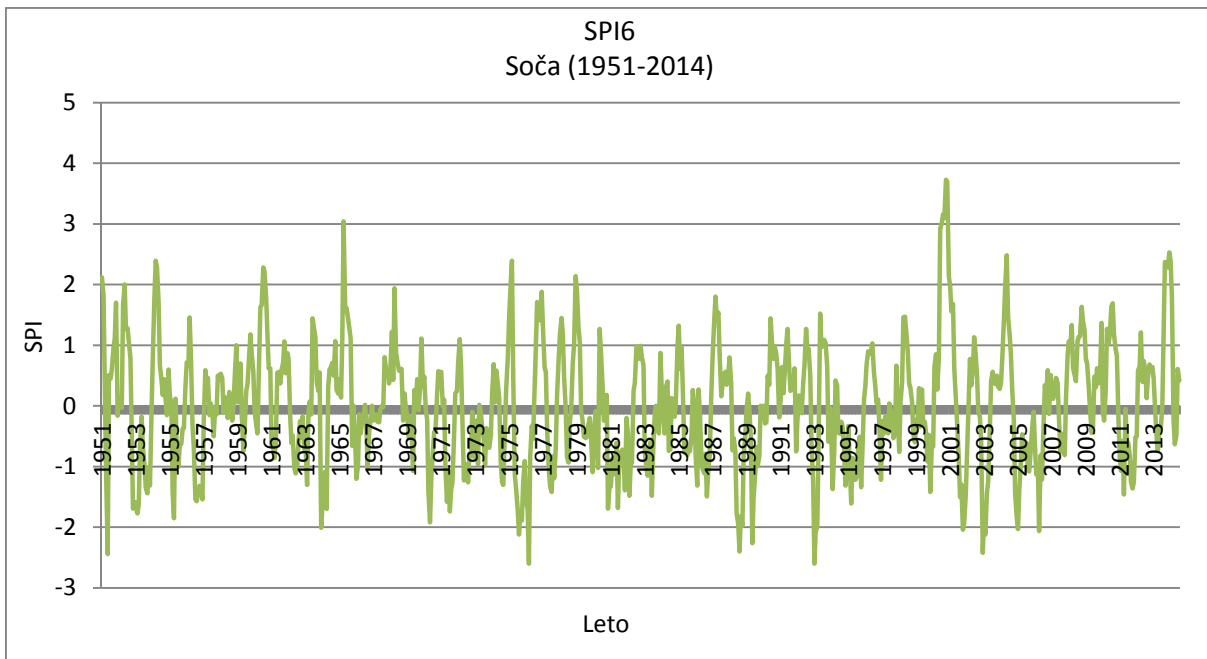
Priloga A.8: SPI za postajo Mrzla Rupa za obdobje 1951-2014



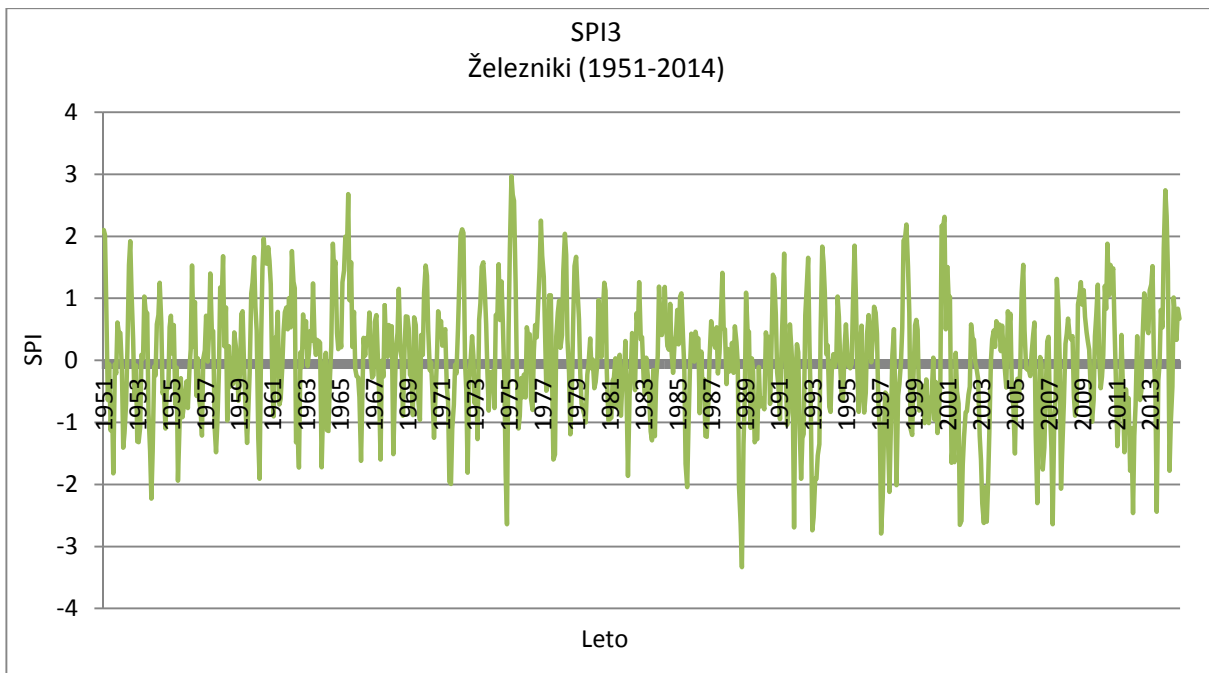
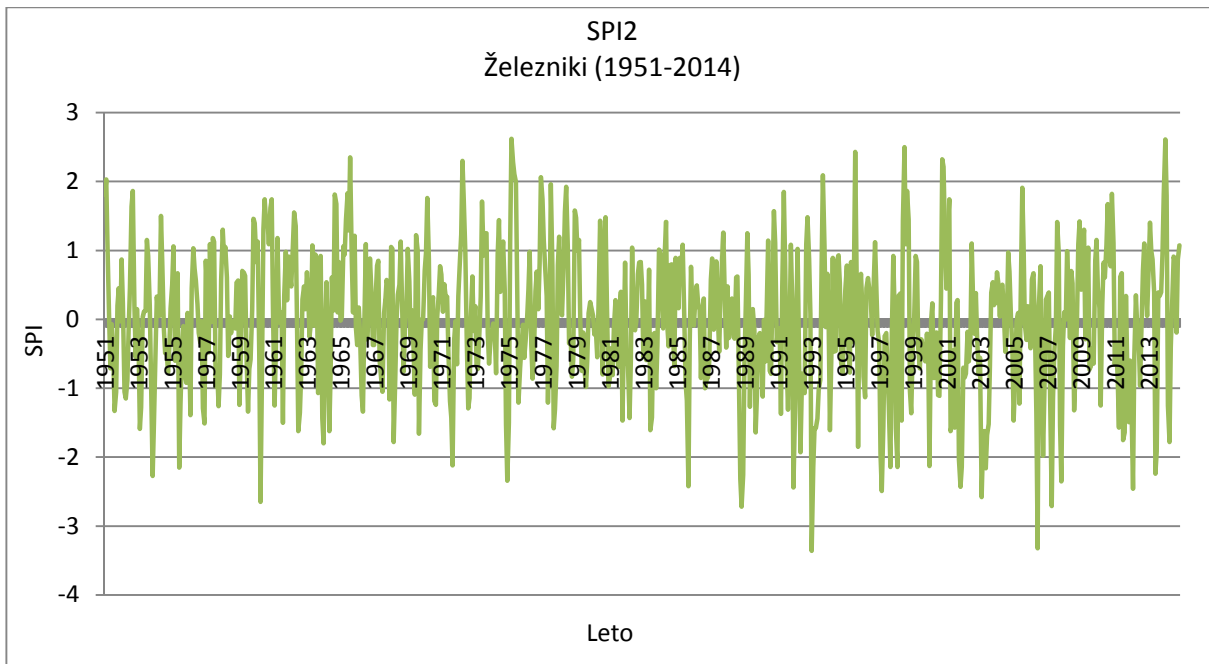


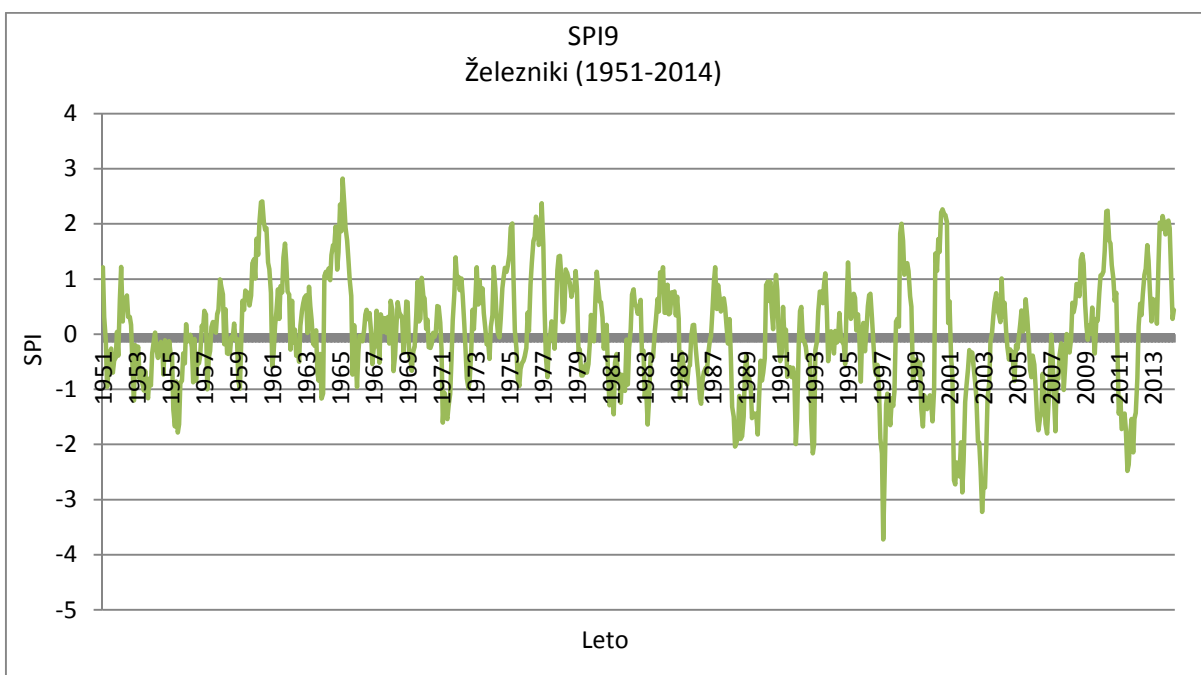
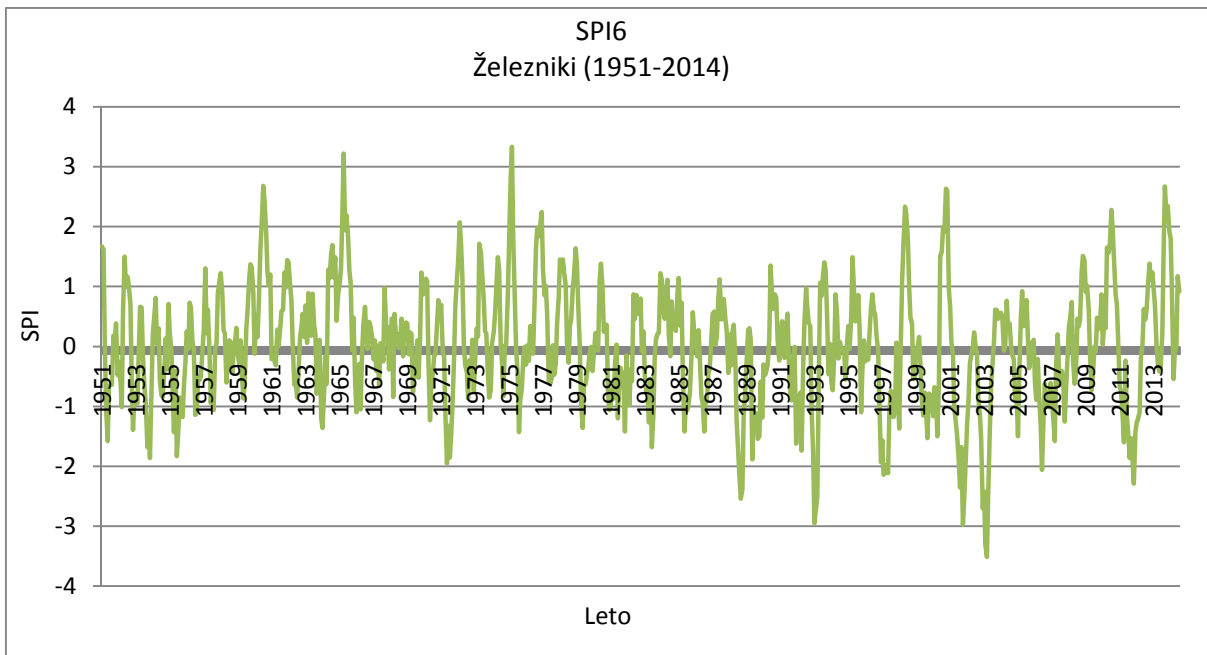
Priloga A.9: SPI za postajo Soča za obdobje 1951-2014



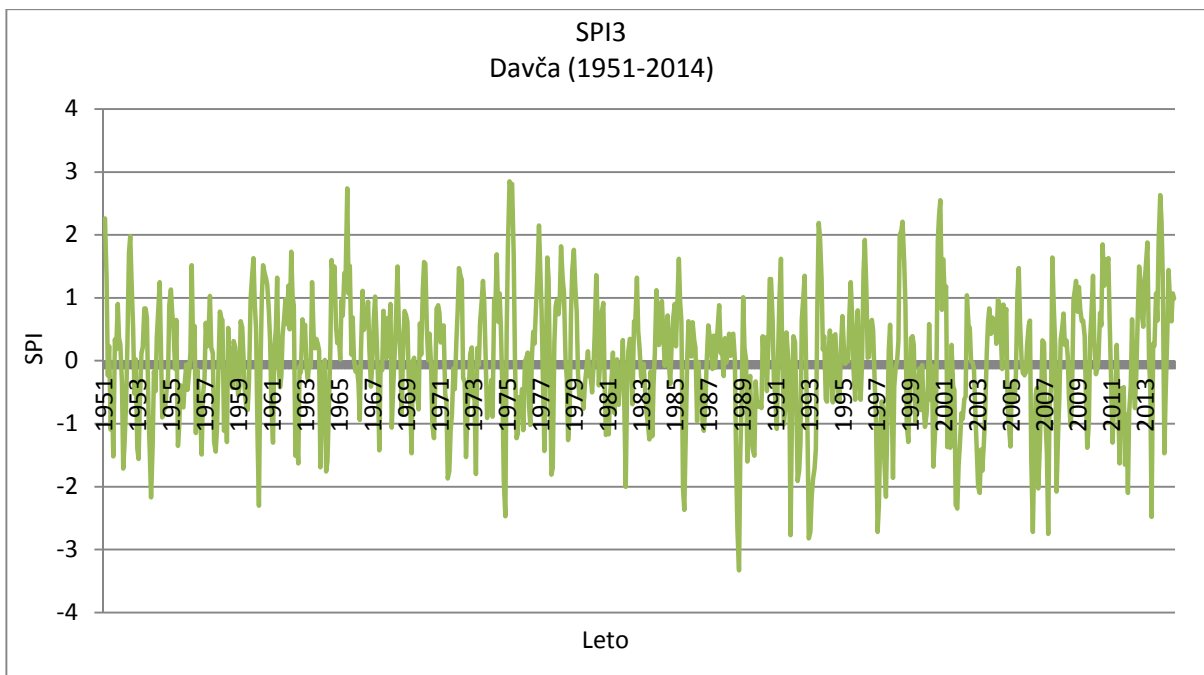
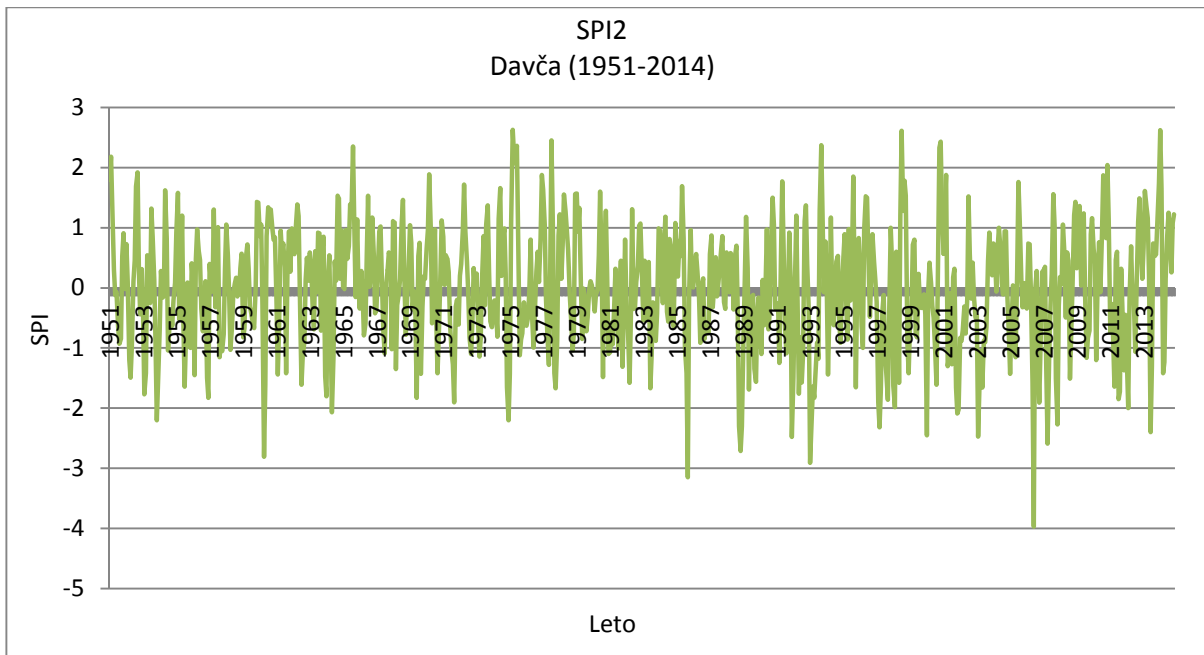


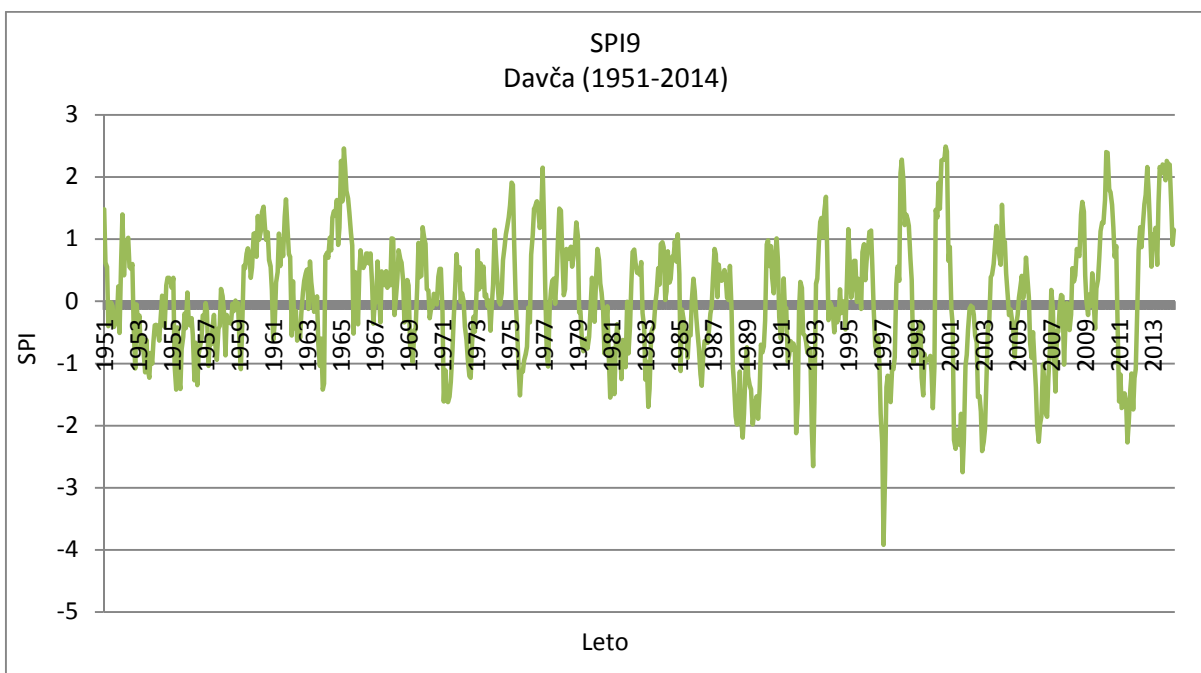
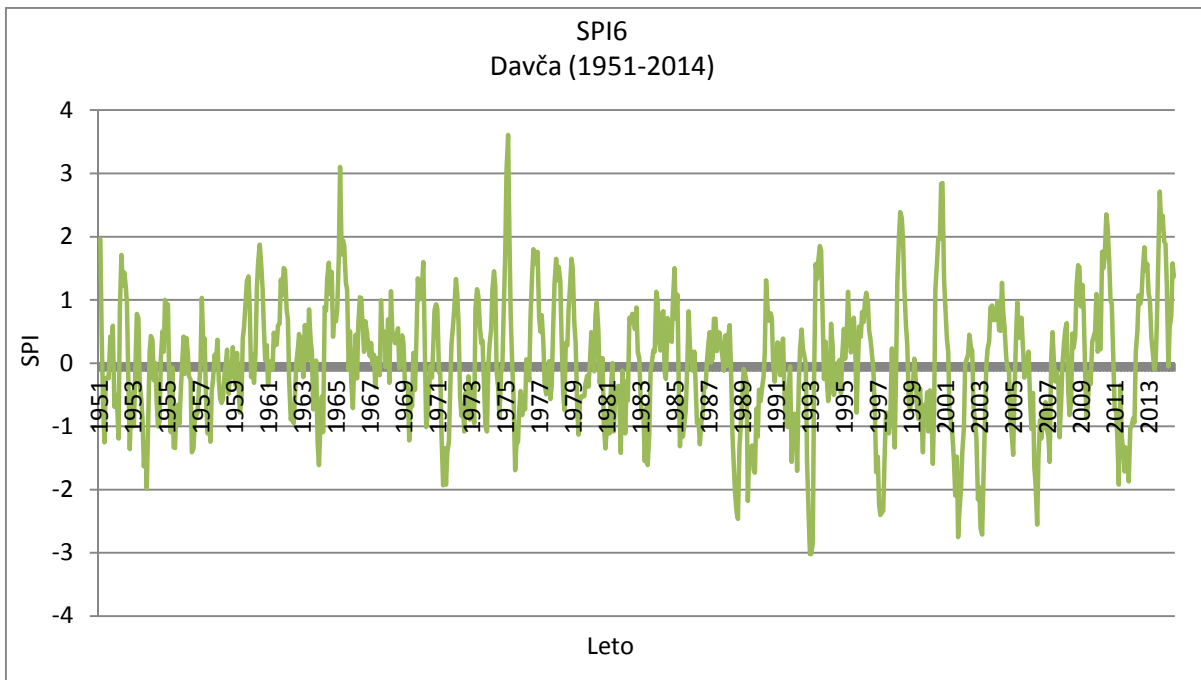
Priloga A.10: SPI za postajo Železniki za obdobje 1951-2014



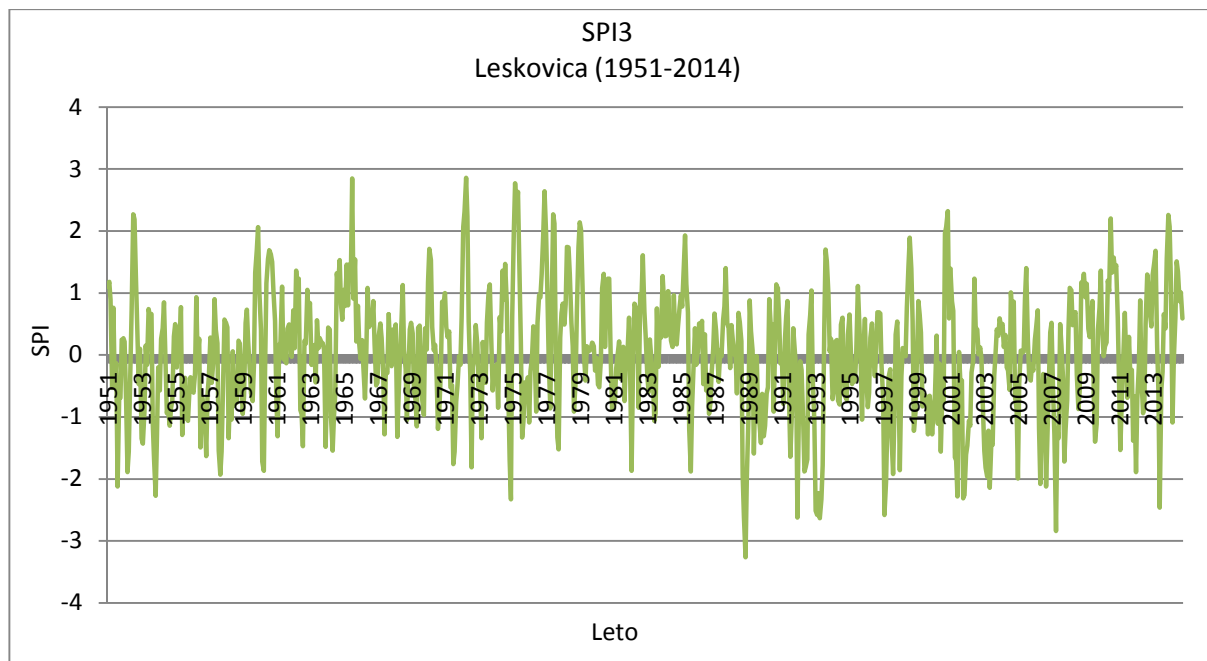
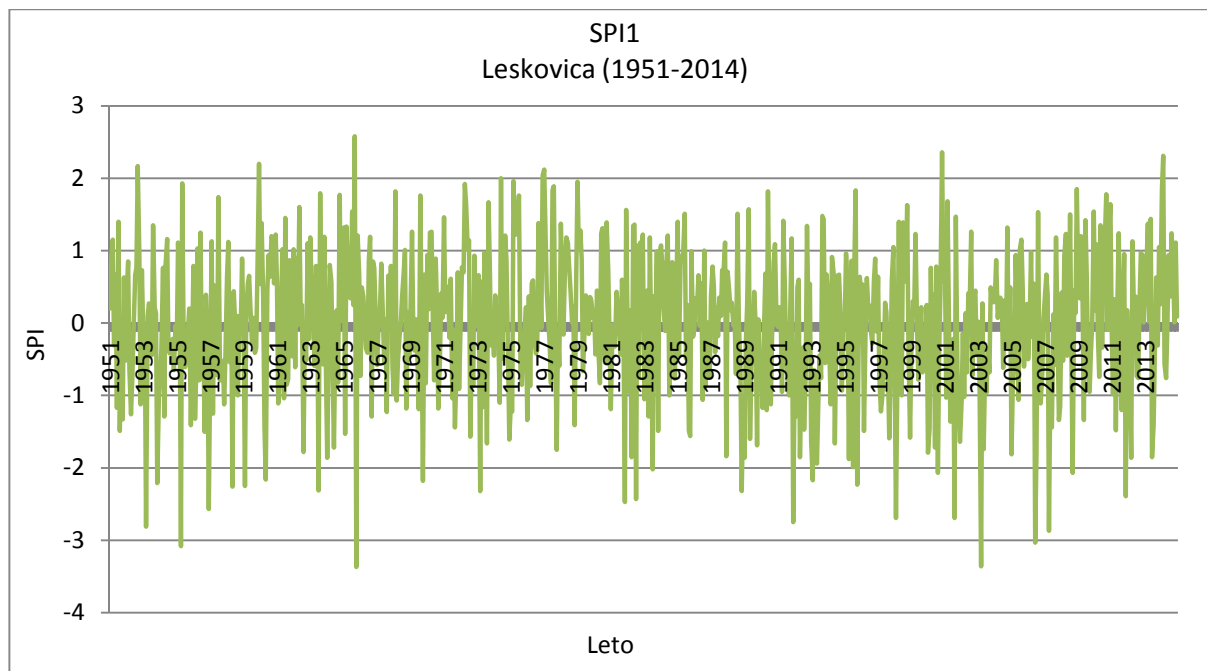


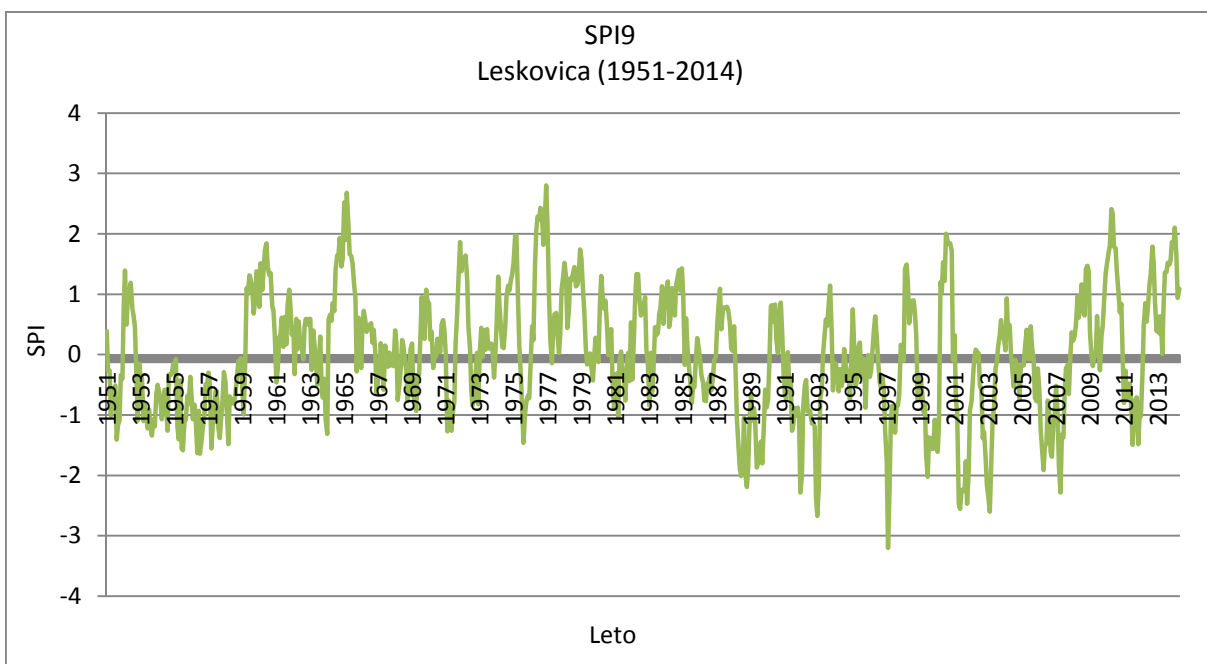
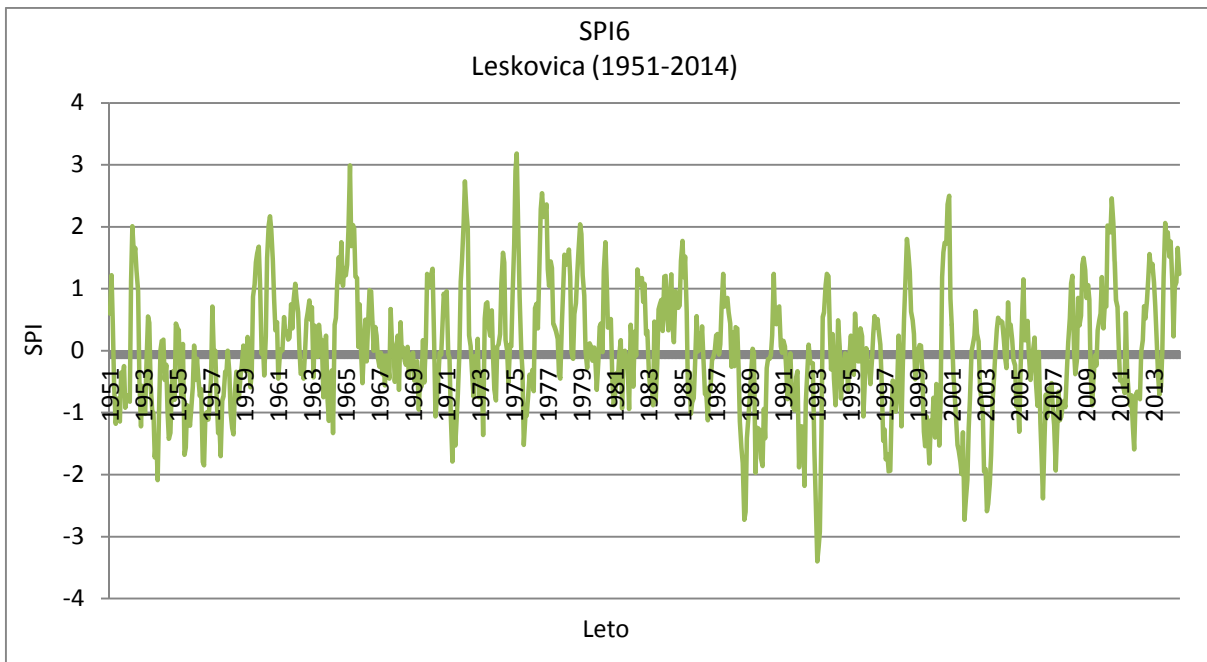
Priloga A.11: SPI za postajo Davča za obdobje 1951-2014



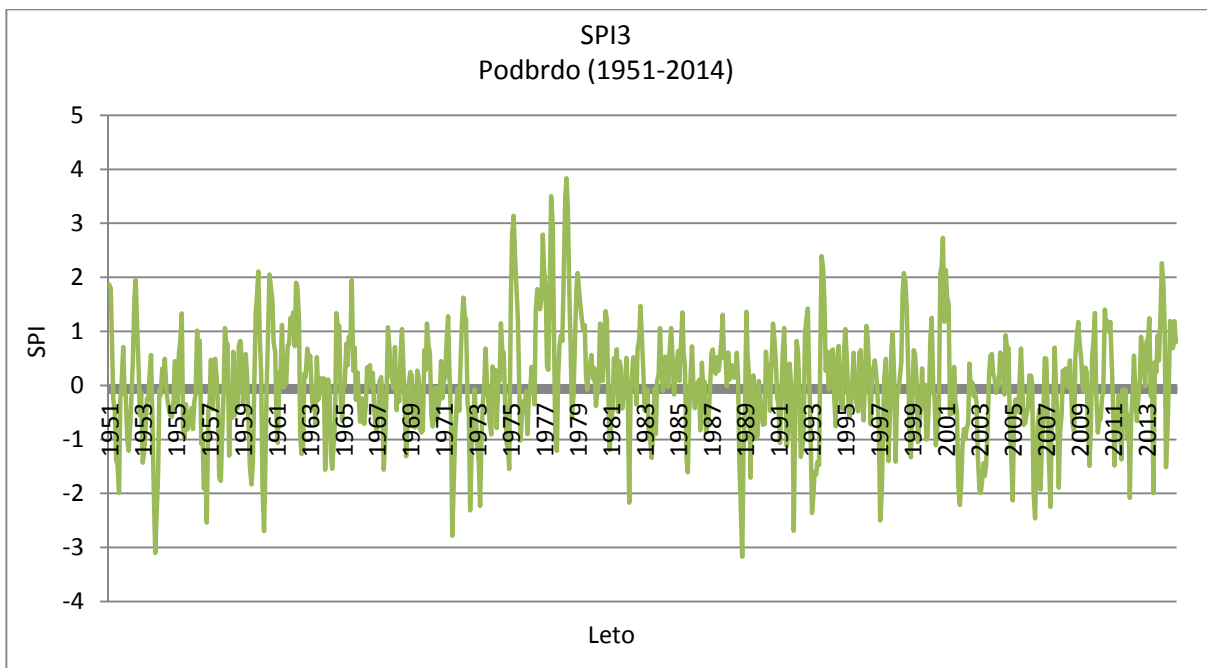
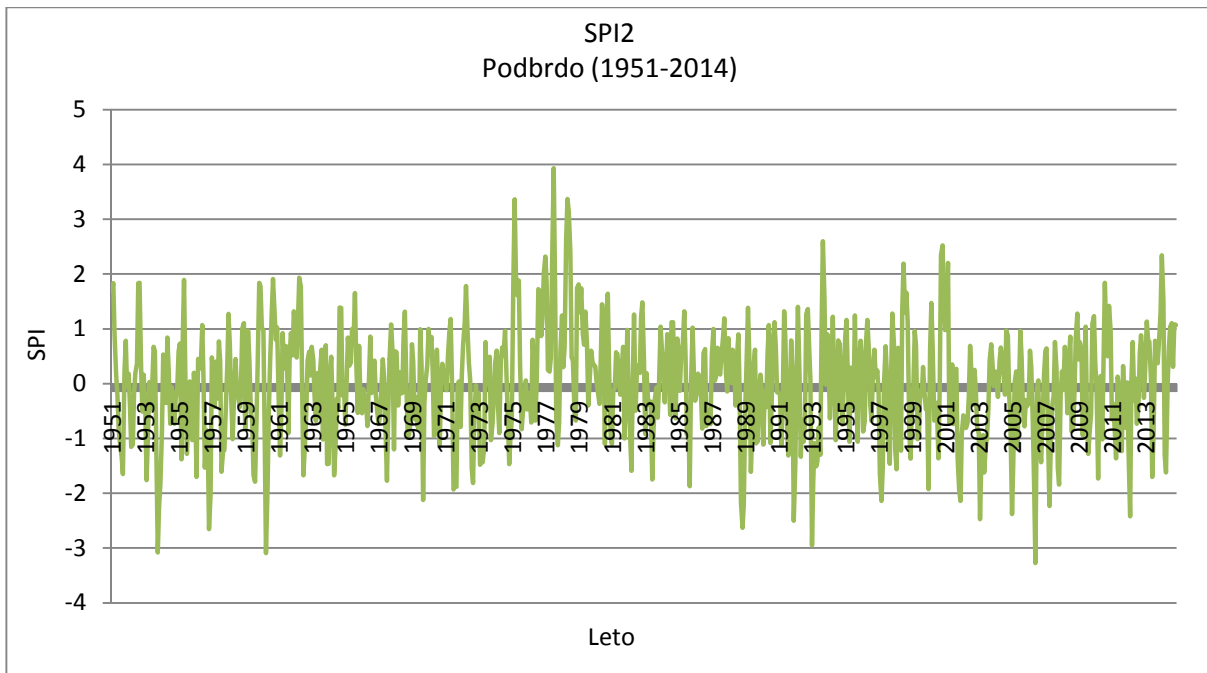


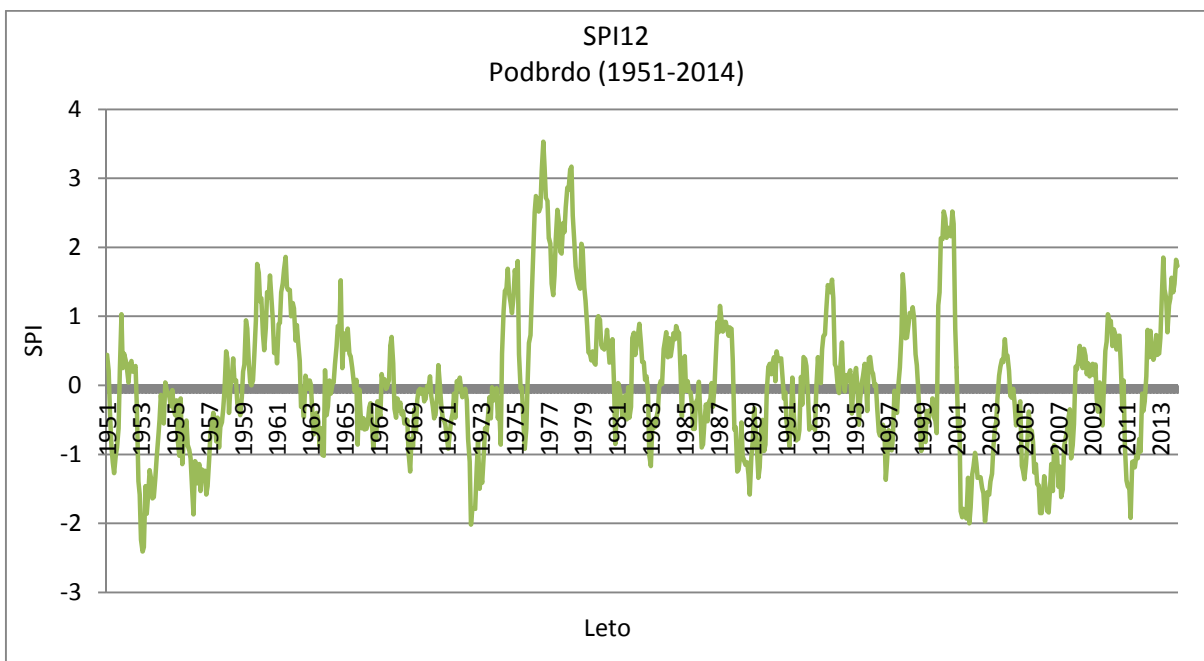
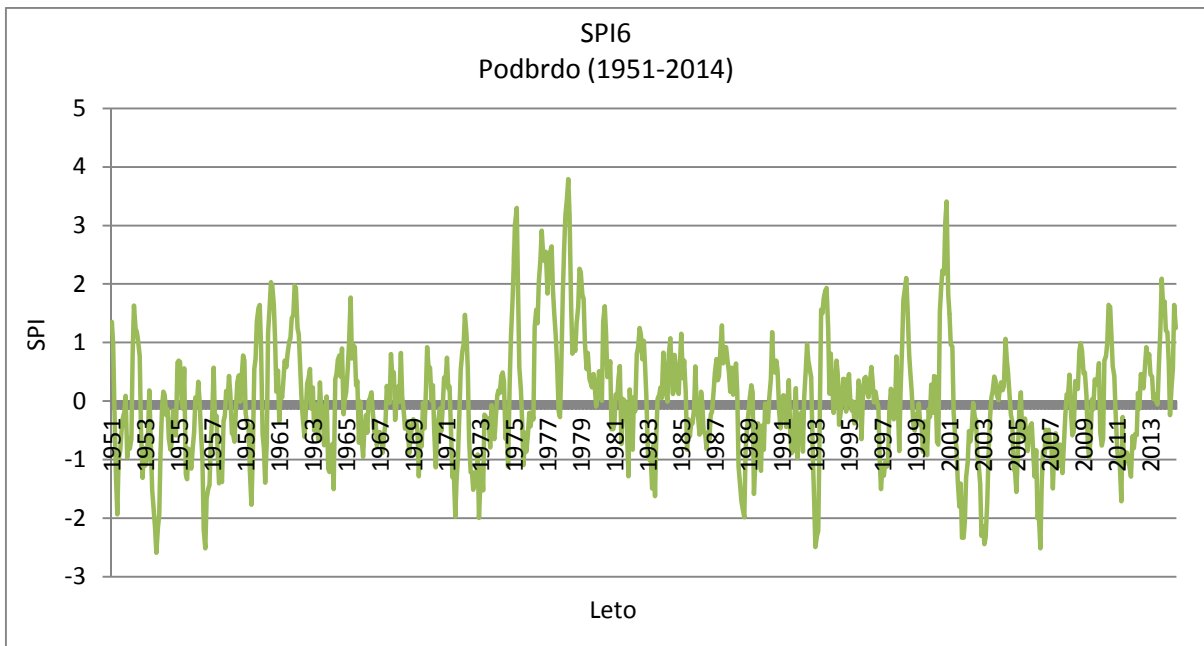
Priloga A.12: SPI za postajo Leskovica za obdobje 1951-2014



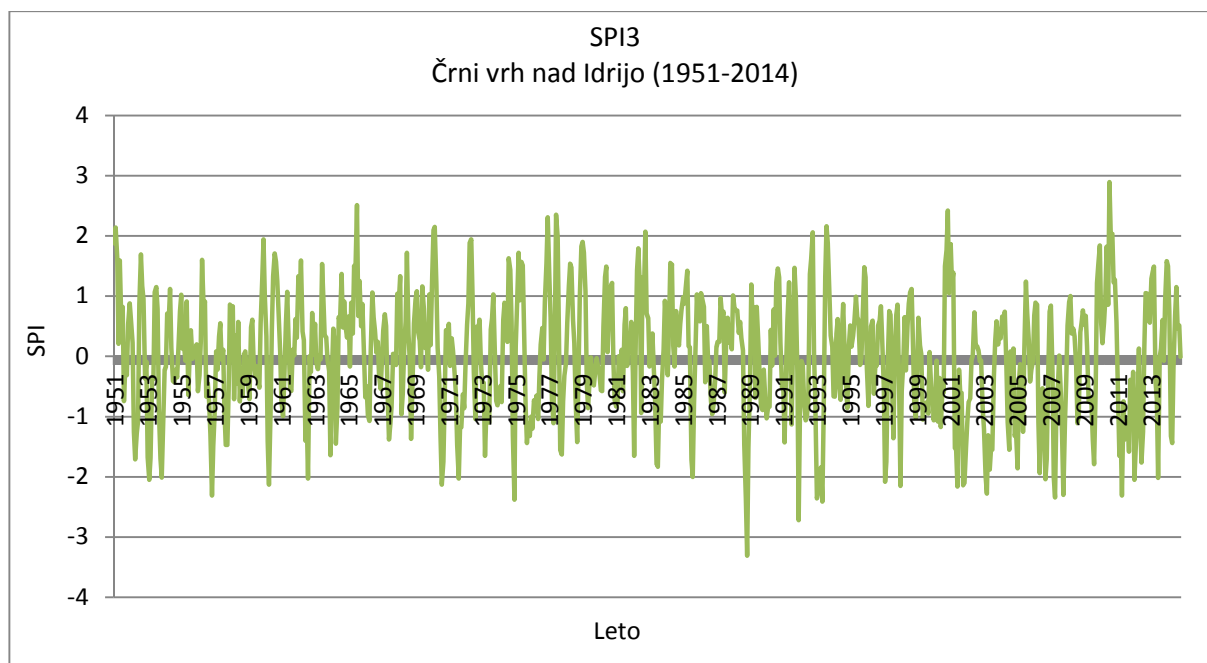
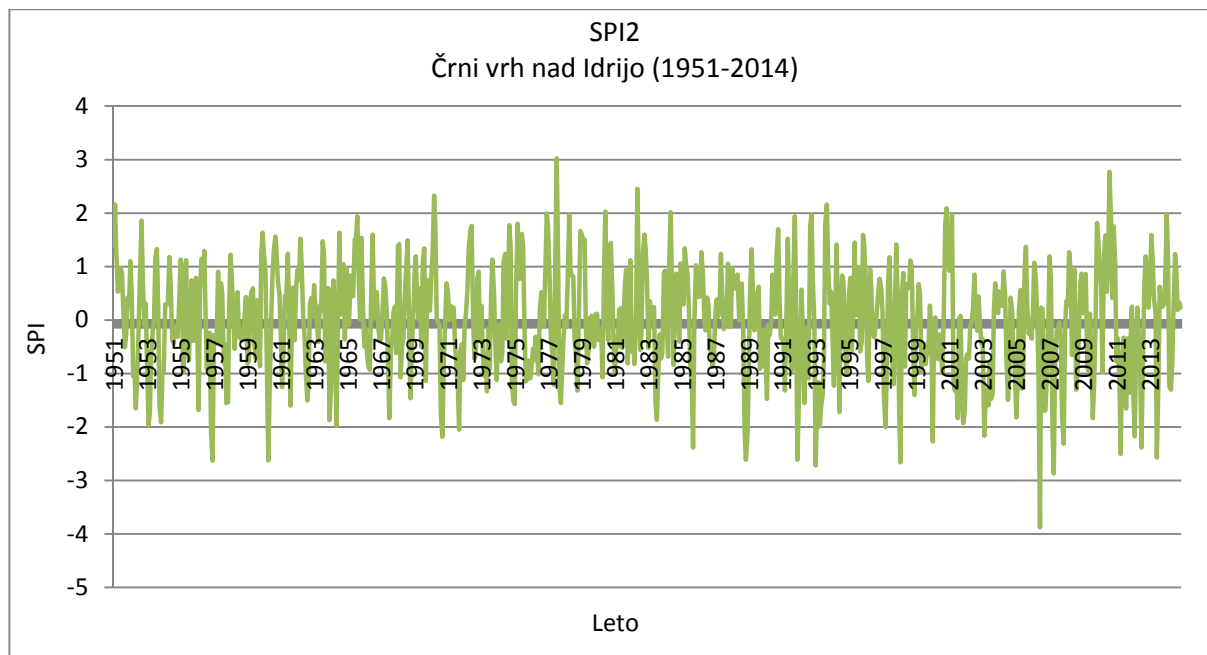


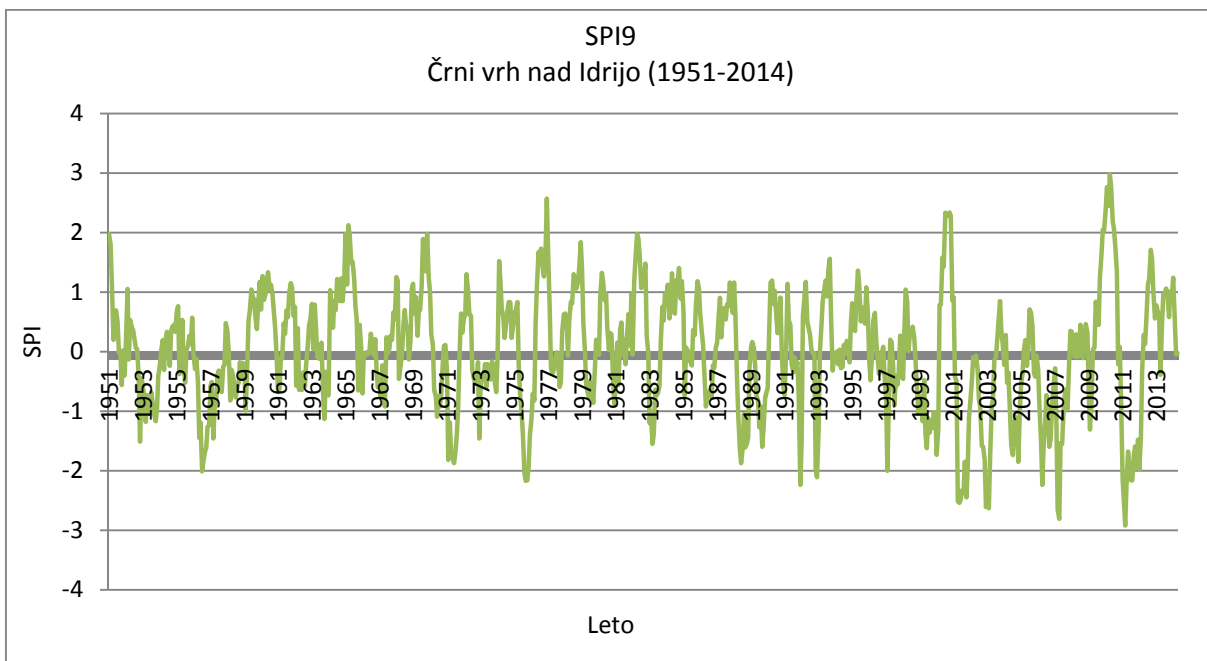
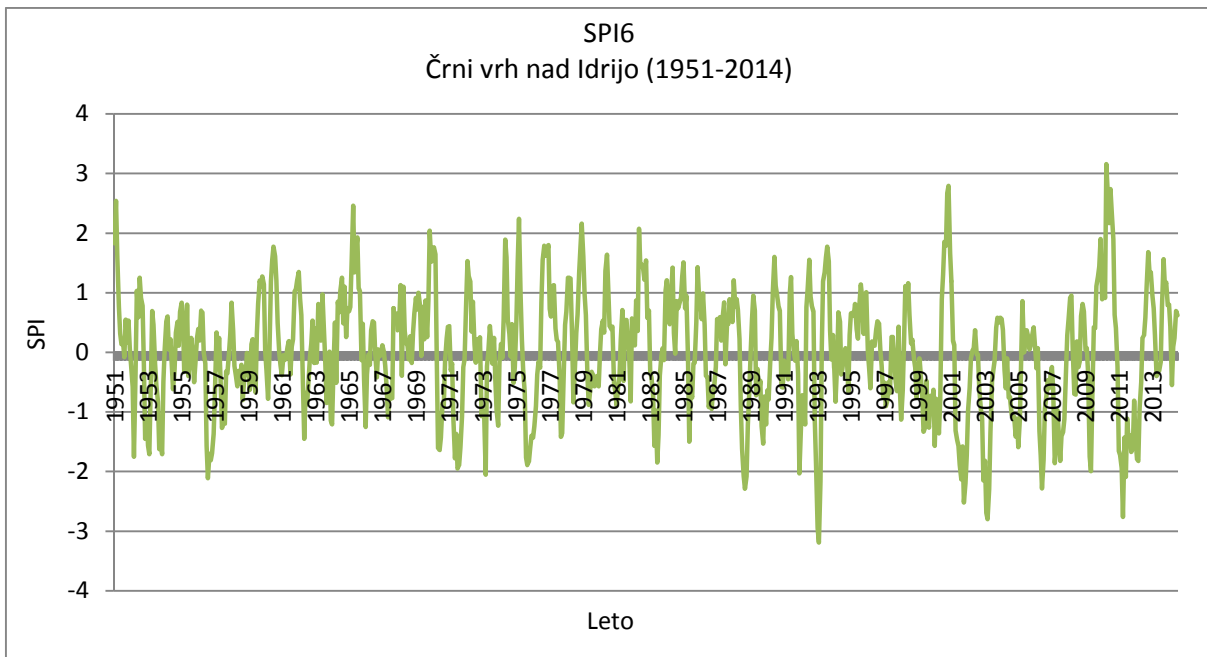
Priloga A.13: SPI za postajo Podbrdo za obdobje 1951-2014



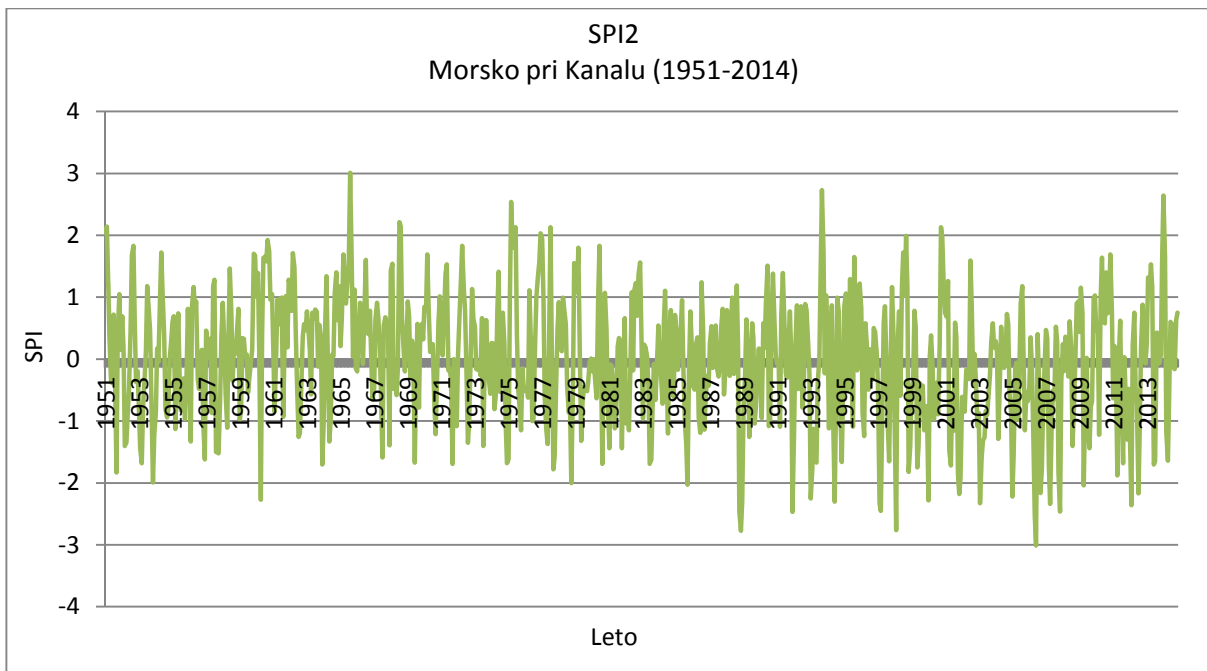
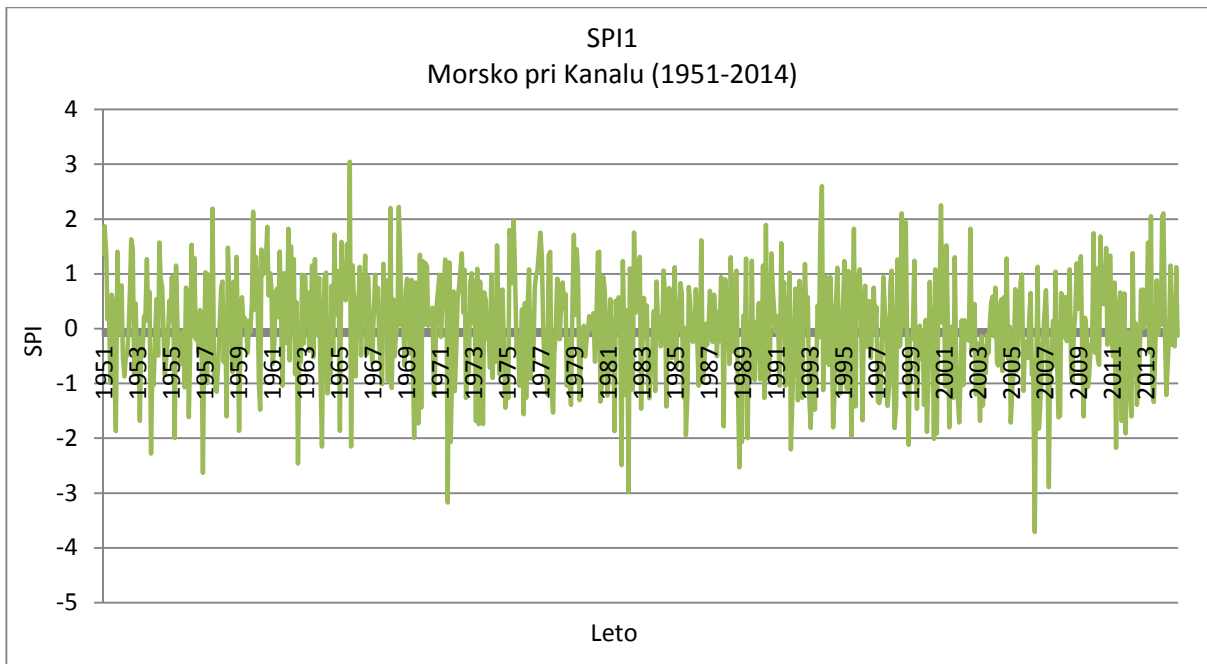


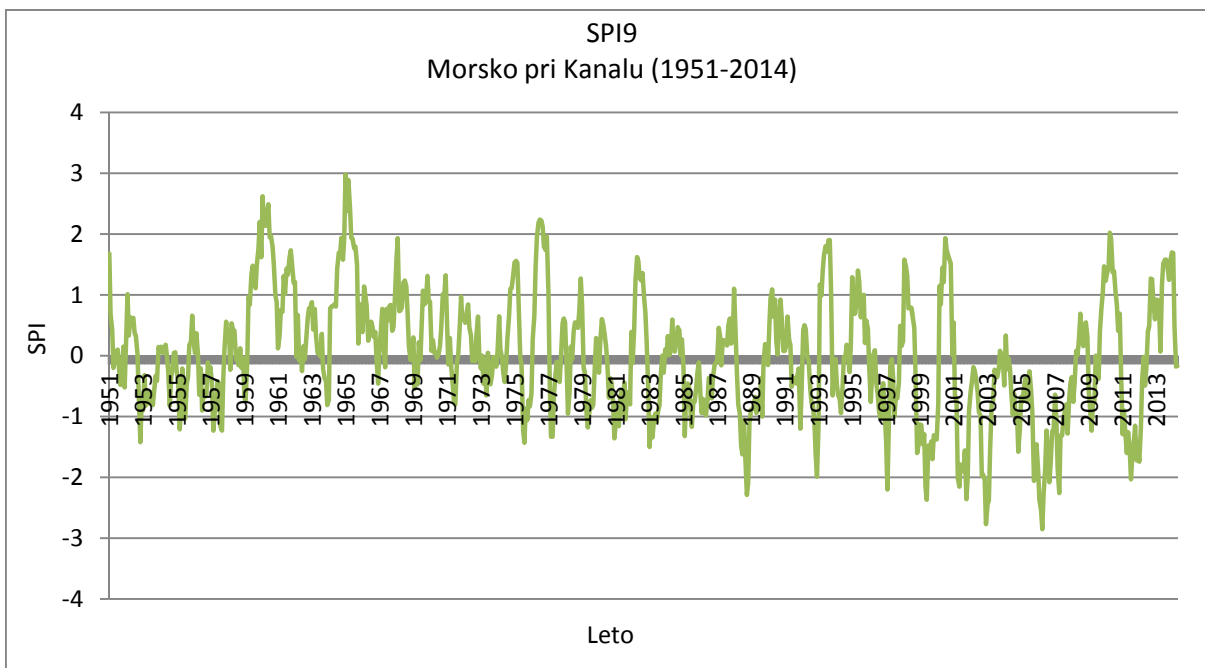
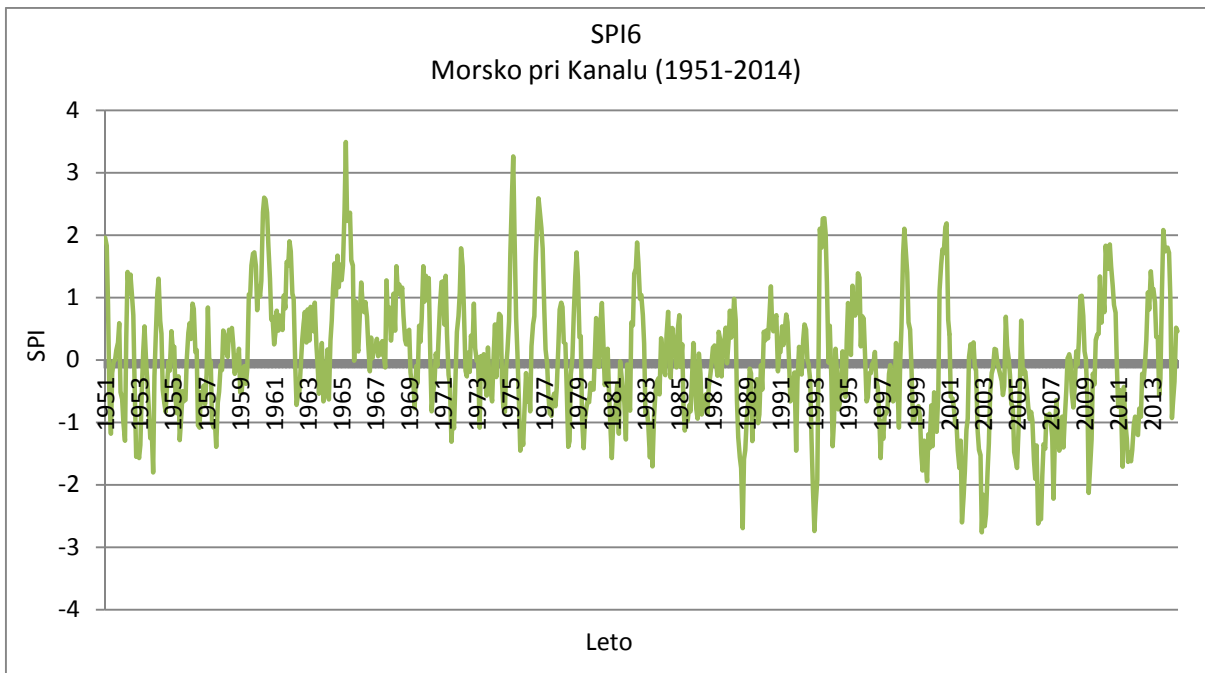
Priloga A.14: SPI za postajo Črni vrh nad Idrijo za obdobje 1951-2014



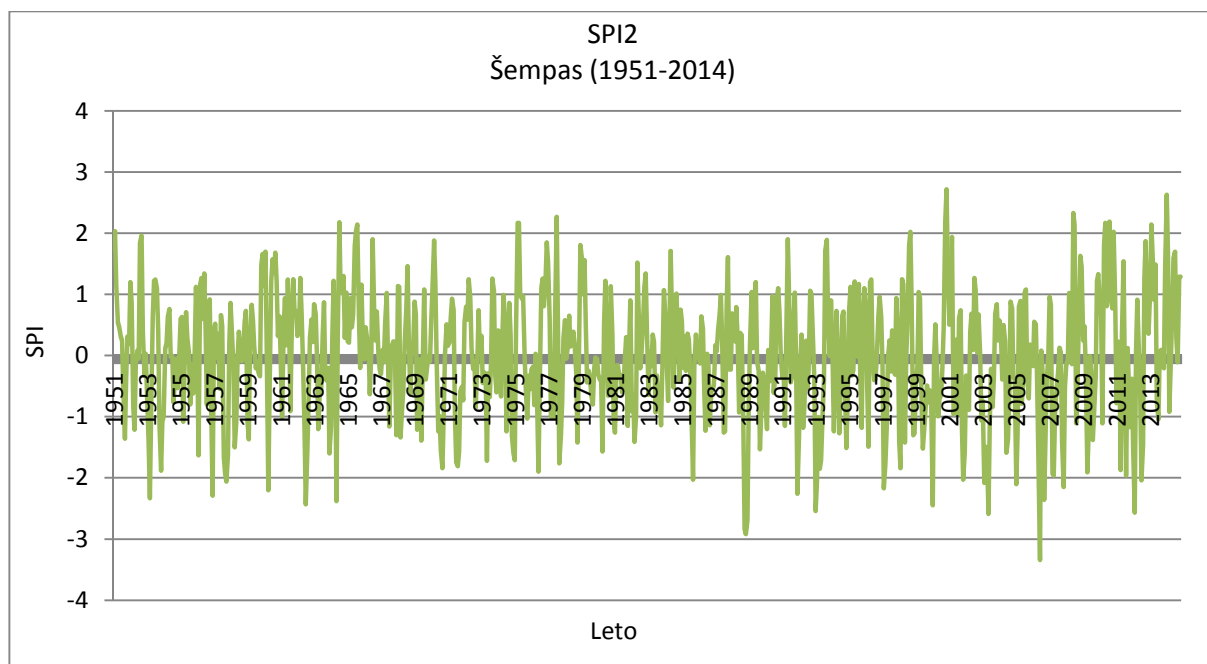
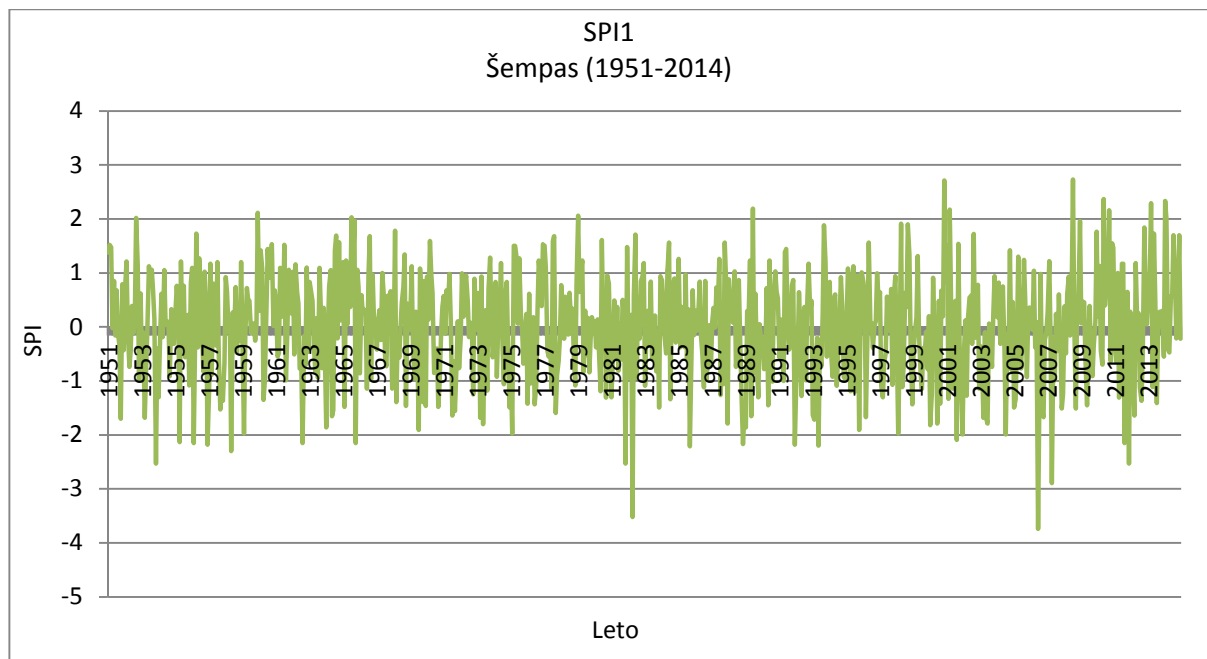


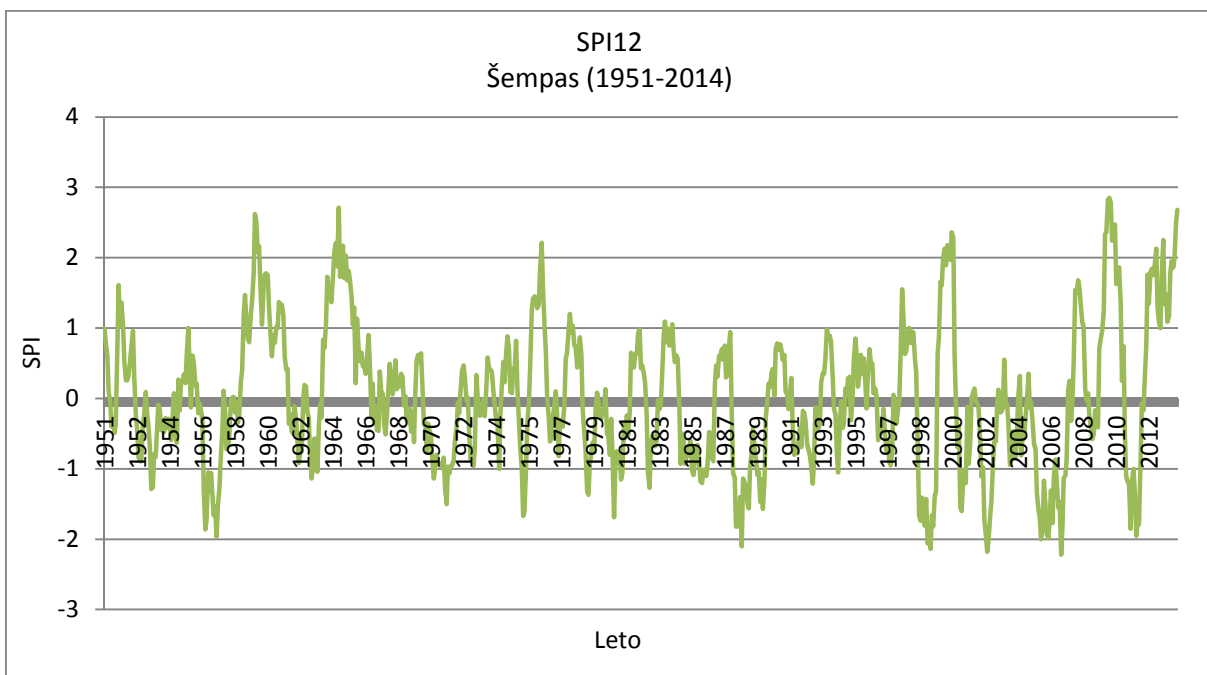
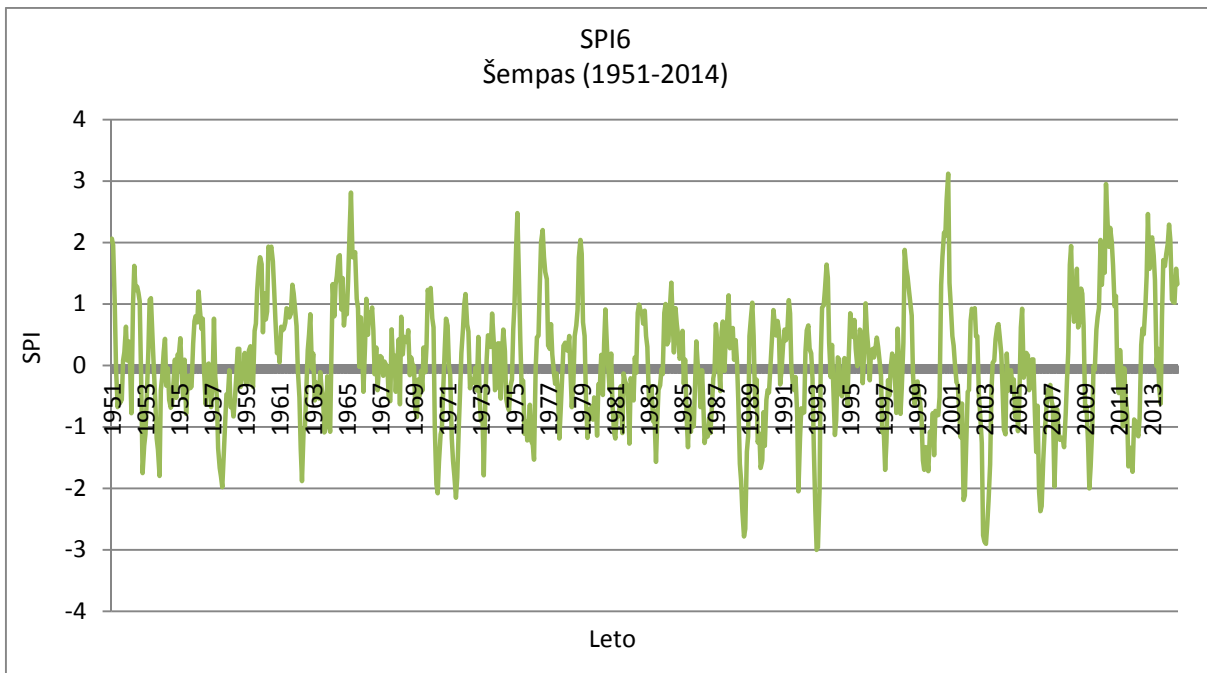
Priloga A.15: SPI za postajo Morsko pri Kanalu za obdobje 1951-2014



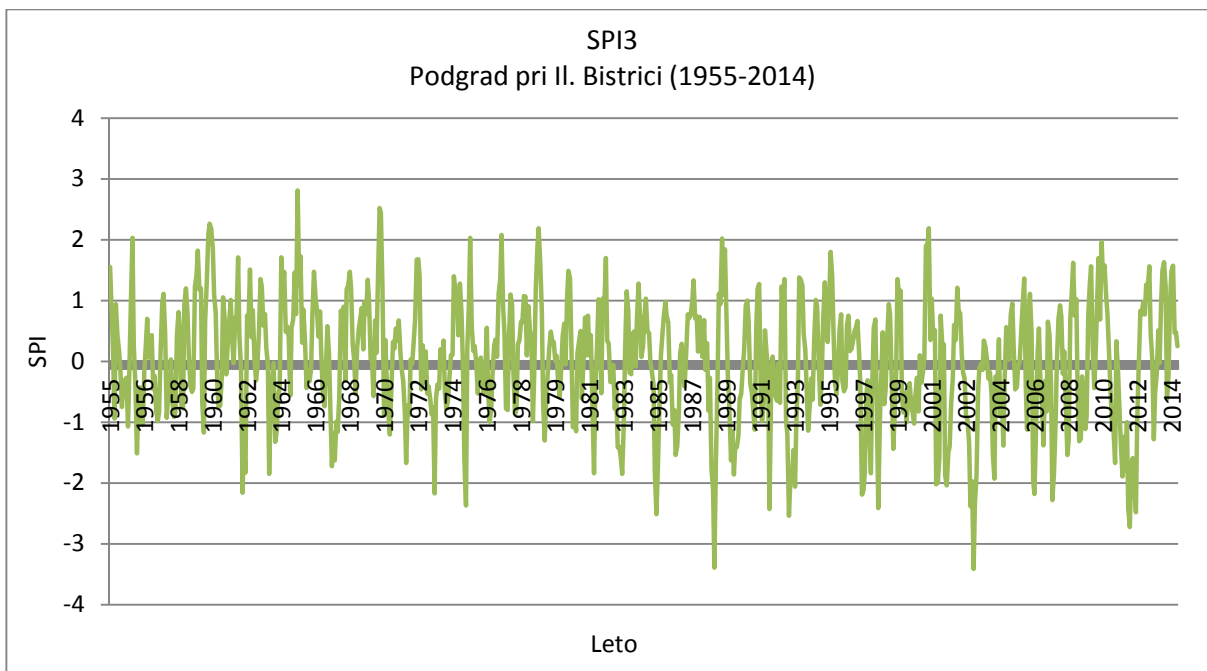
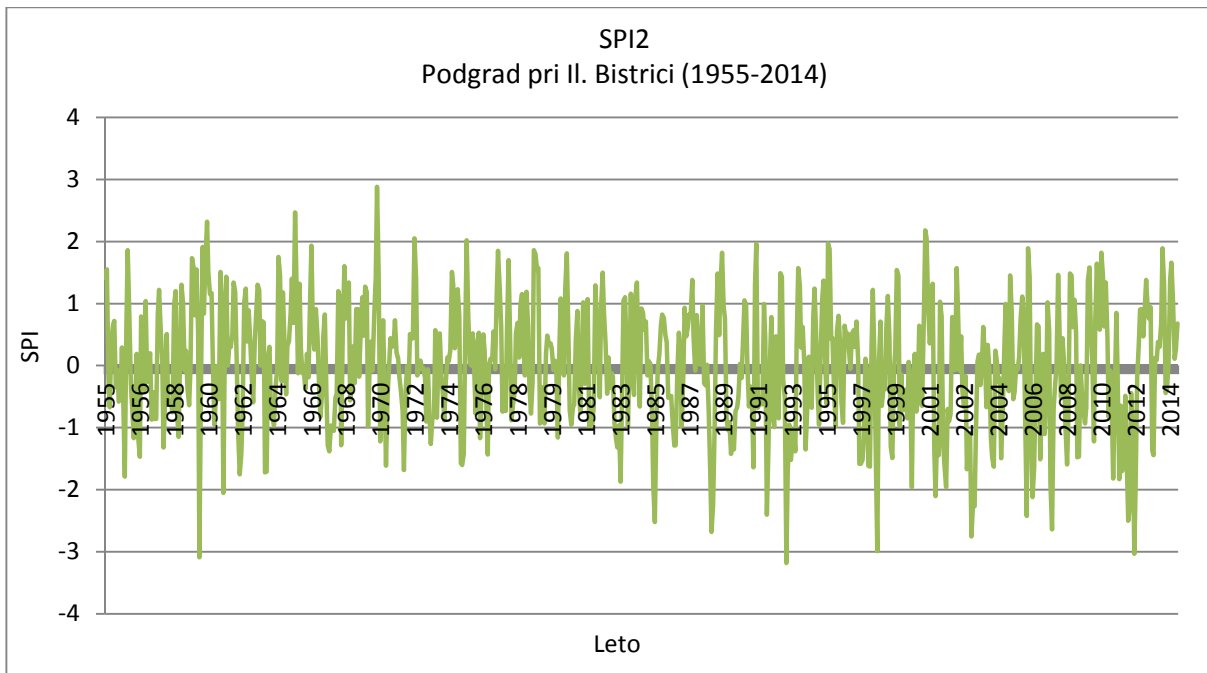


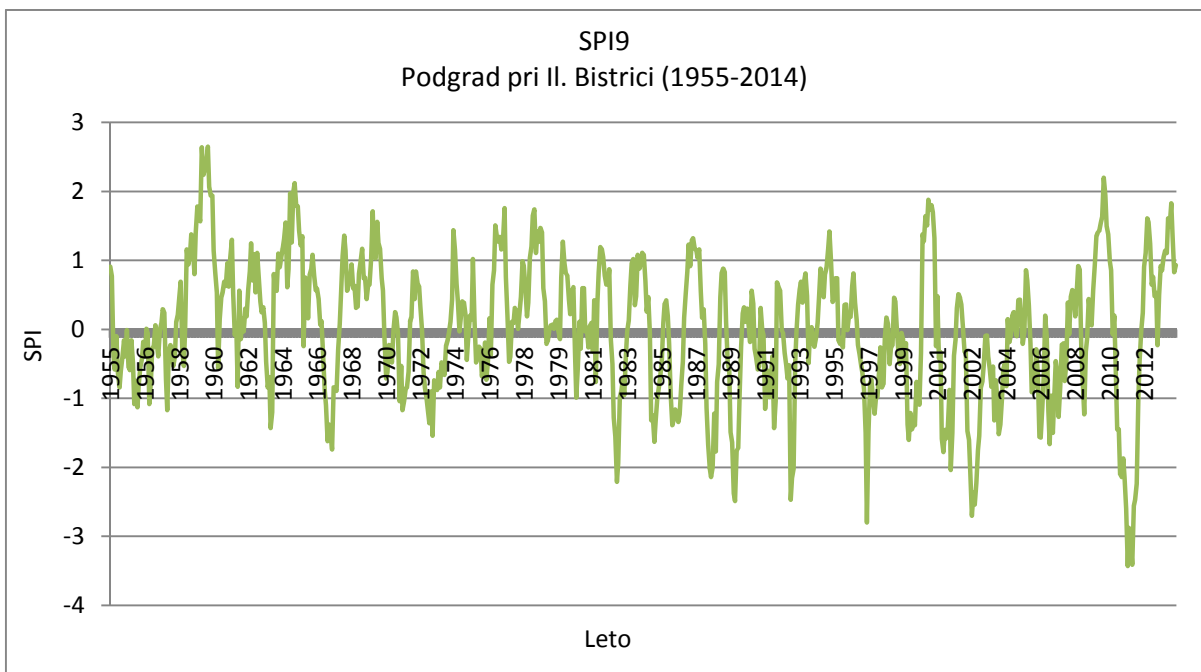
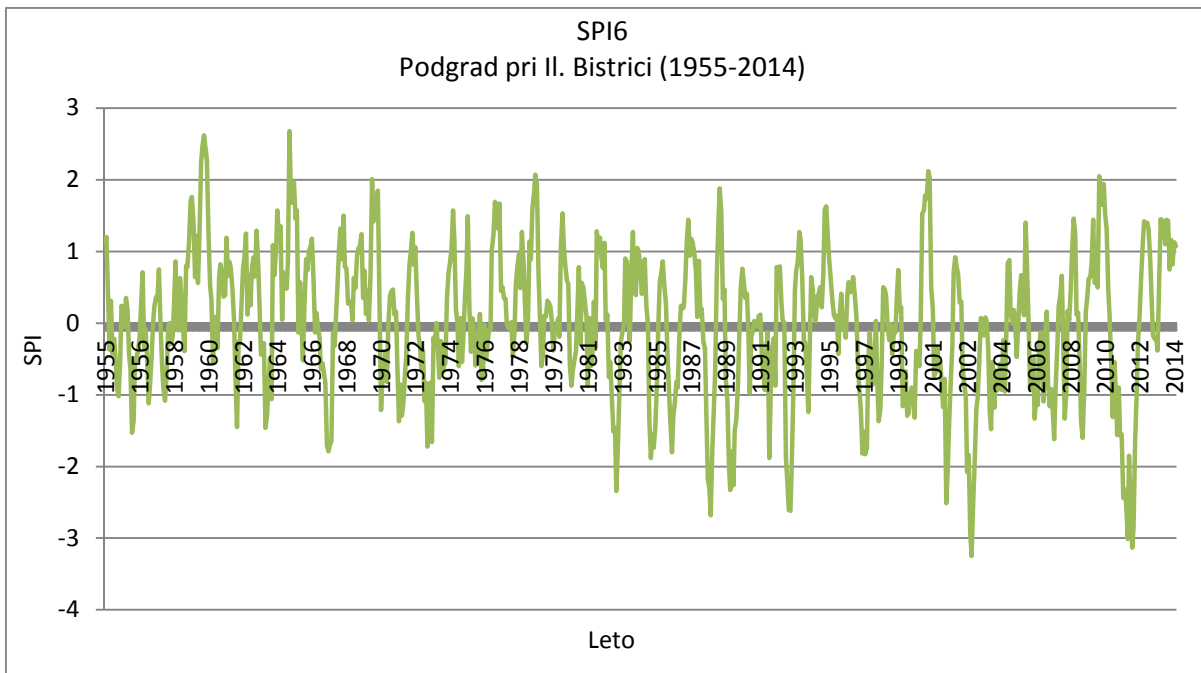
Priloga A.16: SPI za postajo Šempas za obdobje 1951-2014



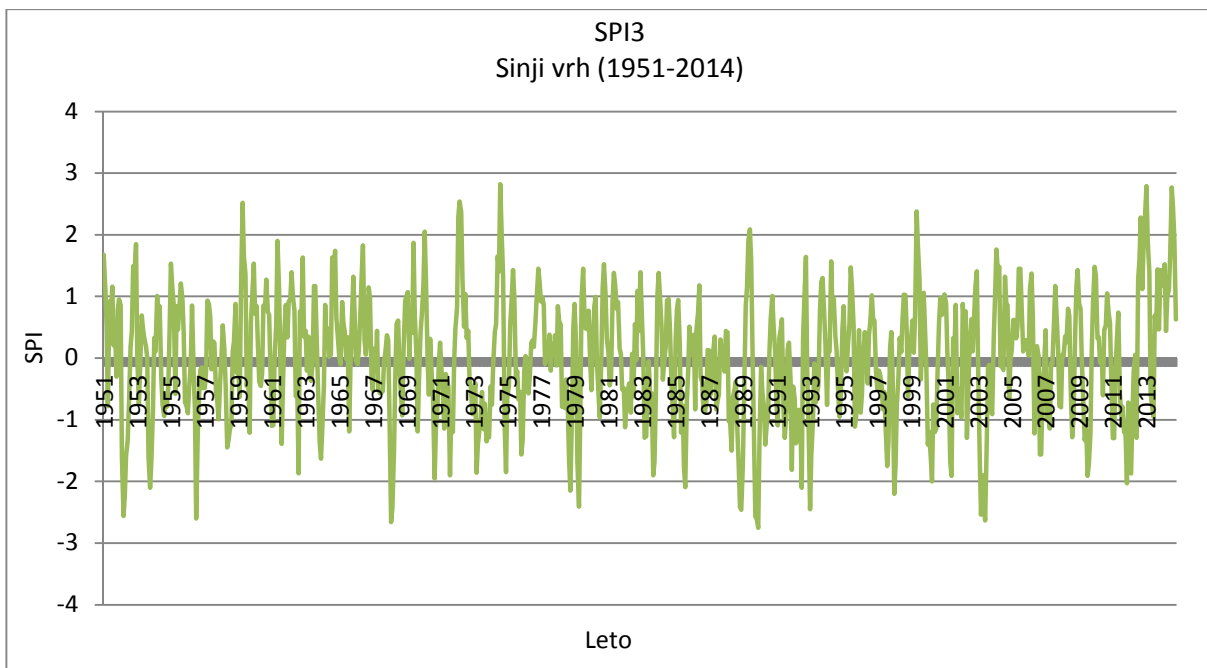
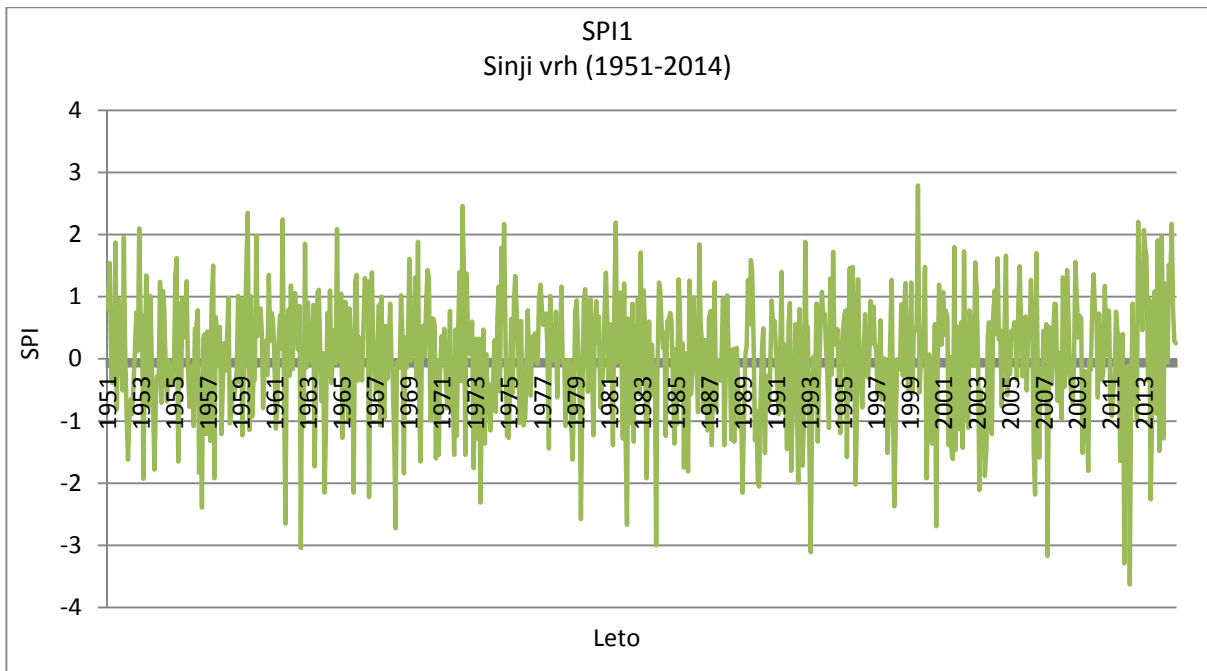


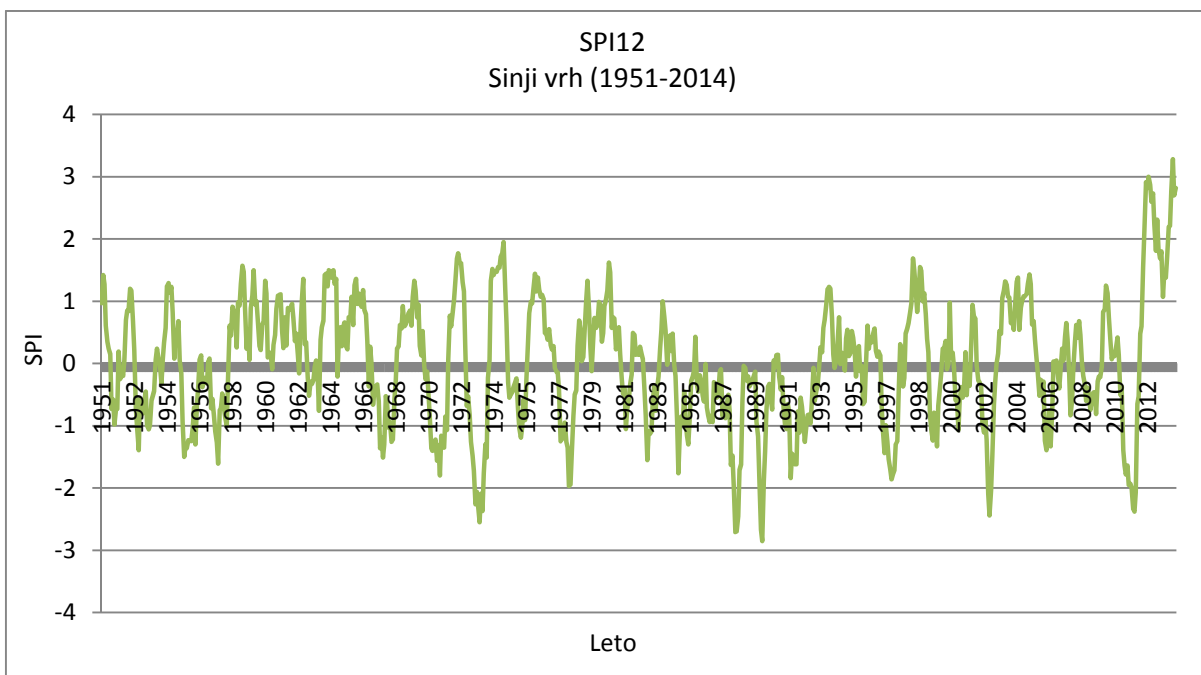
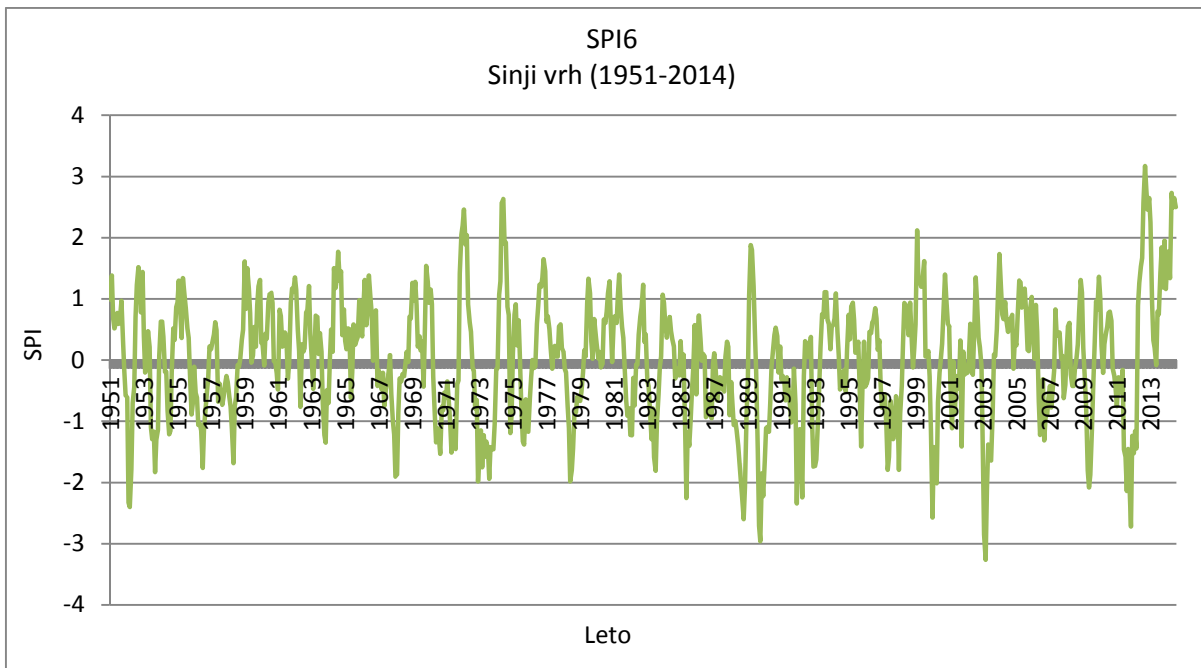
Priloga A.17: SPI za postajo Podgrad pri Il. Bistrici za obdobje 1955-2014



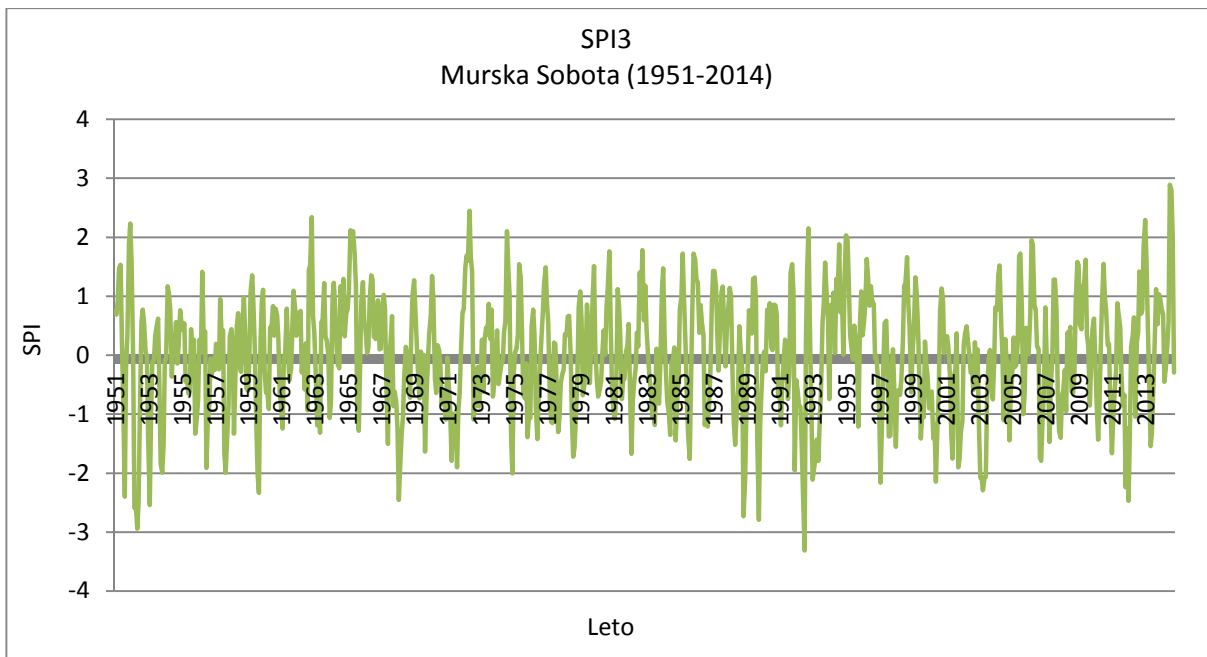
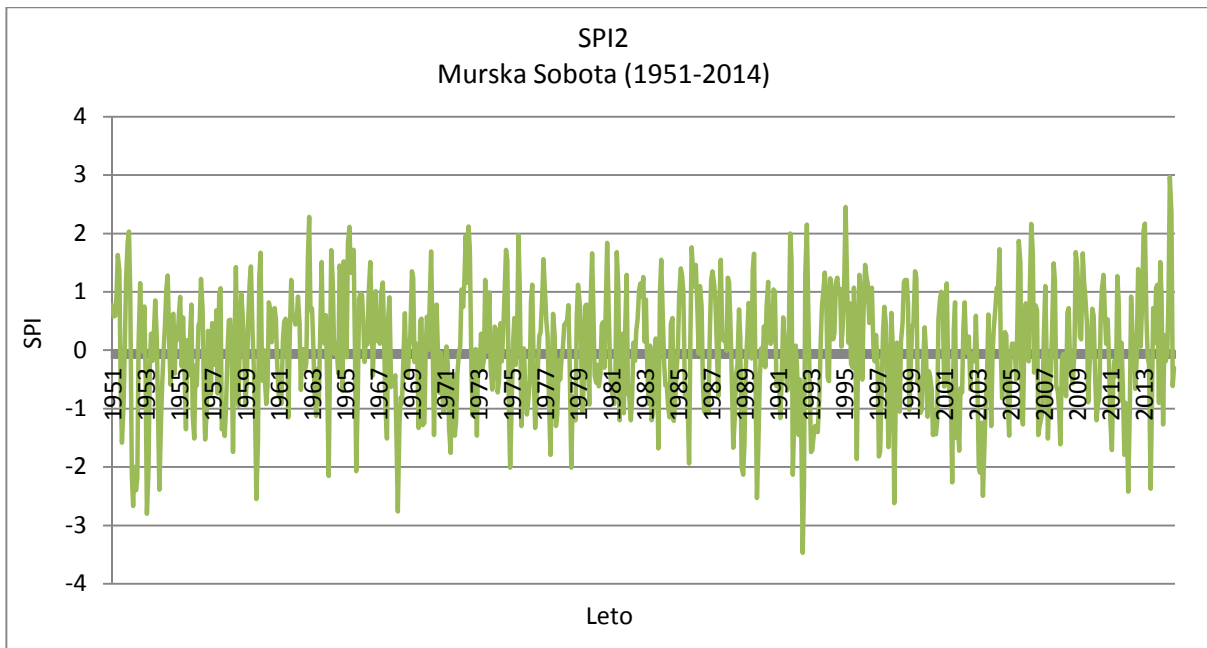


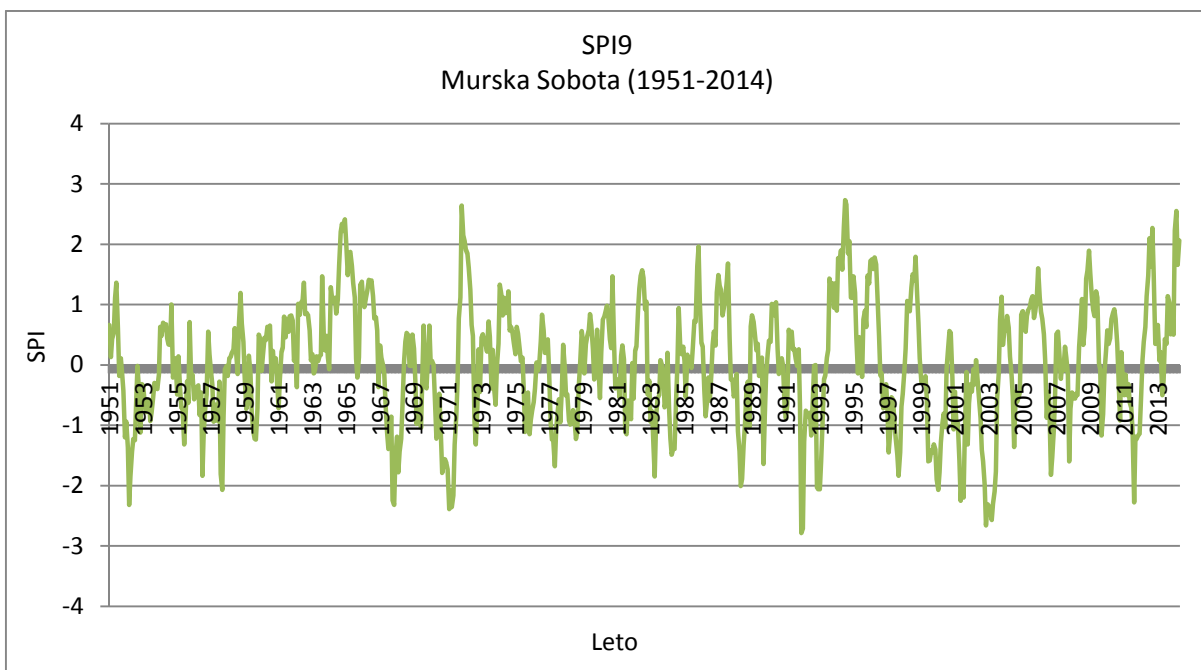
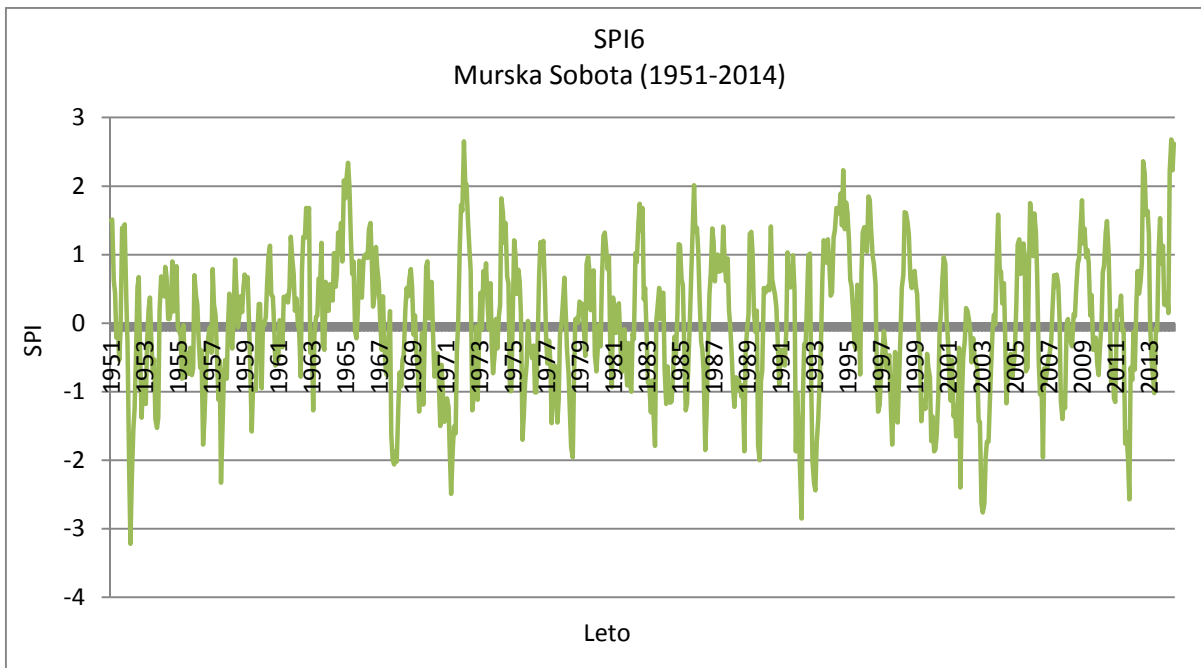
Priloga A.18: SPI za postajo Sinji vrh za obdobje 1951-2014





Priloga A.19: SPI za postajo Murska Sobota za obdobje 1951-2014





Priloga A.20: SPI za postajo Mislinja za obdobje 1954-2014

