

## 3 Nekateri vidiki spreminjanja podnebja na Slovenskem v instrumentalnem obdobju

*Darko Ogrin*

### 3.1 Dolgoročni trendi spreminjanja temperature zraka in višine padavin po letnih časih v obdobju 1841–2014

V zadnjih 30 letih znanost veliko pozornosti posveča t. i. historični klimatologiji, ki se ukvarja z raziskovanjem pretekle klime. Eden glavnih vzrokov za povečano zanimanje so sodobne globalne in regionalne podnebne spremembe ter nihanja, ki se manifestirajo na več načinov – pri nas npr. najprej konec 80. let 20. stoletja v pojavu zelenih in milih zim, nato zelo toplih in sušnih poletij, v zadnjem času pa opažamo vse večjo pogostost t. i. izrednih vremenskih dogodkov (vremenskih ujm). Za pravilno ovrednotenje teh dogodkov, v smislu ali so to že pokazatelji spremenjenega podnebja ali so le rezultat običajne vremenske in podnebne variabilnosti, ter za pripravo scenarijev bodočega podnebja in njegovih posledic v pokrajini ter prilagoditev nanje je nujno čim natančnejše poznavanje podnebne zgodovine, tako v predinstrumentalnem kot v instrumentalnem obdobju, za katerega imamo podatke meritev in opazovanj meteoroloških postaj.

Za ugotavljanje več kot 100-letne spremenljivosti podnebja v instrumentalnem obdobju za območje Slovenije pride v poštev predvsem šest meteoroloških postaj, ki delujejo ali so delovale v Sloveniji in sosednjih pokrajinah: Ljubljana, Trst, Maribor, Zagreb-Grič, Dobrač (Villacher Alpe) in Bad Bleiberg. Postaje so začele meriti in opazovati sredi oziroma v drugi polovici 19. stoletja ter imajo dovolj kvalitetne in kontinuirane nize podatkov. Trst ima temperaturne in padavinske podatke od leta 1841, Ljubljana od 1851, Zagreb od 1862, Maribor od 1876, Dobrač (temperatura zraka) od 1851 in Bad Bleiberg (padavine) od 1874. Glavni namen analize je primerjava dolgoročnih temperaturnih in padavinskih trendov po podnebnih tipih Slovenije. Analizirali smo letne in sezonske vrednosti, kjer smo uporabili podatke za Trst (n. v. 67 m) kot predstavnika zmerno sredozemskega podnebja, Dobrač (n. v. 2160 m) za gorsko, Bad Bleiberg (n. v. 907 m) za podgorsko podnebje, Ljubljano (n. v. 299 m) za zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije in Zagreb (n. v. 157 m) za zmerno celinsko podnebje vzhodne in jugovzhodne Slovenije (slika 3.6; Ogrin D. in sod., 2023). Zagrebu smo dali prednost pred Mariborom zaradi daljših in kakovostnejših nizov podatkov, razen tega so bili podatki za Maribor že predstavljeni (Žiberna, 2011).

Temperaturni in padavinski nizi za omenjene postaje so bili v različnih časovnih obdobjih v strokovni literaturi že obdelani: Polli (1944, 1946), Stravisi (1976, 1987), Brunetti in sod. (2006), Manohin (1952, 1965), Krevs (1986), Gams, Krevs (1990), Kajfež Bogataj (1990, 1992), Ogrin D. (1994, 1995, 2003, 2012, 2015), Vysoudil, Jurek (2005), Bertalaníč in sod. (2010), Dolinar, Vertačnik (2010), Goldberg (1953), Šegota (1970, 1981), Juras (1985), Penzar in sod. (1992a, 1992b), Radić in sod. (2004), Gajić-Čapka (2006), Zaninović (2006), Sen, Ogrin (2015), Auer in sod. (2007), Brunetti in sod. (2009), Colucci, Guglielmin (2014) idr. Kot vidimo, problematika spreminjanja podnebja in ugotavljanja trendov sprememb ni aktualna samo v zadnjih desetletjih, ko je prevladujoče mnenje, da je za sedanje spreminjanje glavni krivec človek, ampak so se s temi vprašanji začeli ukvarjati kmalu potem, ko so bili na voljo dovolj dolgi nizi podnebnih podatkov, na osnovi nekaterih zgodovinskih dejstev pa že prej (glej Jesenko, 1874). Tudi iz najstarejših tovrstnih objav sta razvidni, tako kot danes, zaskrbljenost nad trendi in skrb za usodo človeštva.



(Vir: Zbirka D. Ogrin)

Slika 3.1:

*Sedež Univerze v Ljubljani (nekdanji deželni dvorec), kjer so v okviru Geografskega inštituta potekale meritve temperature zraka med letoma 1921 in 1948. Razglednica iz leta 1913.*

### 3.1.1 Podatkovni nizi in metode

Osnovni problem pri analizi dolgoletnih nizov podnebnih podatkov ter ugotavljanju spremenljivosti in podnebnih trendov je homogenost podatkovnih nizov. Za zanesljive rezultate bi morale meteorološke postaje nenehno delovati na istem mestu, okolica postaj se ne bi smela bistveno spreminjati, prav tako ne tehnika in metodologija meritev oziroma opazovanj. Če pa se je vse to dogajalo, bi morali imeti kvalitetne informacije o pogojih meritev v posameznih obdobjih (podatke o podatkih, t. i. metapodatke), s pomočjo katerih lahko meritve korigiramo in homogeniziramo oziroma ovrednotimo dobljene rezultate.

Ljubljanska in tržaška postaja sta v svoji več kot 150-letni zgodovini večkrat spremenili lego in inštrumentarij, zagrebška samo mikro lego in inštrumentarij. Z vidika homogenosti podatkovnih nizov je na najboljšem zagrebška postaja, saj je vseskozi delovala na Griču (n. v. 157 m), le v začetnem obdobju meritev so meteorološko hišico zaradi širitve Kraljeve velike realke preselili iz severnega v južno krilo zgradbe, vendar

je bila veskozi na oknu na severni strani prvega nadstropja. K temu, da se postaja ni selila, je veliko prispeval drugi vodja Meteorološkega observatorija za Ivanom Stožirjem (opazovanja je izvajal med 1861 in 1892), svetovno znani geofizik Andrija Mohorovičić, ki je na osnovi lastnih opazovanj poznal značilnosti mestne klime in vpliv selitve postaje na homogenost izmerjenih podatkov (Herak in sod., 2011). Postaja Zagreb-Grič ima popoln niz temperaturnih in padavinskih podatkov, saj kljub nekaterim težavam ni prenehala delovati niti med svetovnima vojnoma (Katušin, 2011).

Ljubljanska in tržaška postaja sta se znotraj mesta selili na daljše razdalje. Z vidika homogenosti podatkov je na boljšem tržaška postaja, ki se je selila samo znotraj strnjeno pozidanega dela mesta in za katero obstaja več podatkov o zgodovini meritev v posameznih obdobjih. Na podlagi teh podatkov so osnovni niz temperaturnih meritev tudi v preteklosti korigirali in homogenizirali, tako da ustreza meritvam, ki bi jih imeli, če bi postaja ves čas delovala na današnji lokaciji v središču mesta nedaleč stran od morja. Padavinskih podatkov niso korigirali, ker je primerjalna analiza pokazala, da to ni nujno (Polli, 1944, 1946; Stravisi, 1976).

Kljub izvedenim korekcijam ima najmanj homogene podatke Ljubljana, in sicer zaradi pretežje zgodovine, nekoliko slabšega poznavanja pogojev meritev v posameznih obdobjih ter večjega števila interpoliranih vrednosti, predvsem pa zaradi selitve postaje po drugi svetovni vojni na severni rob mesta za Bežigrad (n. v. 299 m). Po Trontlju (2000) so meritve po preselitvi potekale na »velikem travniku« med nekdanjo Topniško kasarno in Vojkovo ulico, ki pa so ga v naslednjih desetletjih postopoma pozidali in tako bistveno spremenili pogoje meritev. Zato je pri temperaturnem nizu za Ljubljano tudi pri homogeniziranih podatkih še vedno prisoten vpliv mestne klime, z izrazitejšimi trendi segrevanja v zadnjih desetletjih.

Ker so se nepretrgane meteorološke meritve v slovenskem gorskem svetu začele šele po drugi svetovni vojni, smo za analizo dolgoročnih temperaturnih in padavinskih trendov gorskega in podgorskega podnebja uporabili meteorološki postaji iz avstrijskega dela Koroške, Dobrač (n. v. 2160 m) in ob njegovem severnem vznožju ležeči Bad Bleiberg (n. v. 907 m). Temperaturni niz za Dobrač so sestavili iz višinskih postaj Obir (Hochobir) in Dobrač (Villacher Alpe) ter ga homogenizirali v okviru projekta HISTALP ([www.zamg.ac.at/histalp/](http://www.zamg.ac.at/histalp/)). Homogenizirani podatki projekta HISTALP so bili osnova tudi za analizo dolgoročne spremenljivosti temperature zraka in višine padavin v Ljubljani, Trstu in Zagrebu. Uporabili smo povprečne letne in sezonske temperature in padavinske nize, za katere smo s pomočjo programskega paketa Microsoft Office Excel izračunali povprečne vrednosti, standardni odklon, linearni trend in 20-letna drseča povprečja ter poiskali ekstremne vrednosti. Statistično pomembnost trendov smo preverjali z Mann-Kendallovim testom (XLSTAT, Addissoft 1995–2014). Podatkovni niz za Ljubljano je za obdobje 1851–2010, za Trst 1841–2009, za Zagreb-Grič 1862–2010, za Dobrač 1851–2014 in za Bad Bleiberg 1874–2014.

### 3.1.2 Spreminjanje in trendi sezonskih in letnih temperatur zraka

Povprečna letna temperatura zraka ima v Ljubljani, Zagrebu in na Dobraču enako variabilnost, v Trstu je kolebanje temperatur nekoliko manjše. Večje so med obravnavanimi postajami razlike v temperaturni variabilnosti letnih časov. Pri Ljubljani,

Zagreb in Dobraču so bolj spremenljive zimske temperature, v Trstu pa pomladanske in zimske. Zima, pri Trstu tudi pomlad, od sredine 19. stoletja izkazuje najizrazitejše trende segrevanja ozračja. Izjema je Dobrač, saj so se temperature v enaki meri dvignile tako spomladi kot jeseni. V Ljubljani in na Dobraču so trendi segrevanja ozračja najizrazitejši, čeprav smo v izhodišču pričakovali, da bodo zaradi bolj celinskega značaja temperaturnega režima trendi v Zagrebu izrazitejši kot v Ljubljani.

Sezonske temperature se v **Ljubljani** od sredine 19. stoletja do današnjih dni brez izjeme dvigujejo. Trend segrevanja je najizrazitejši pozimi (+1,4 °C/100 let), kar pomeni, da so se zimske temperature v Ljubljani od sredine 19. stoletja do današnjih dni dvignile za nekaj več kot 2 °C. Večji del trenda odpade na čas po letu 1980. Do začetka 20. stoletja so bile zime podpovprečne, sredi prve polovice tega stoletja so se vrstile nadpovprečno tople zime, v naslednjih desetletjih pa so bile zimske temperature okoli 150-letnega povprečja. Od 80. let 20. stoletja sledi izrazit trend naraščanja zimskih temperatur. Zimi sledi pomlad (+1,1 °C/100 let). Z enakim trendom so se dvignile tudi povprečne letne temperature. Poletne temperature izraziteje naraščajo v zadnjih 25 letih niza, ko je povprečna poletna temperatura za 1,5 stopinje višja od 160-letnega povprečja, linearni trend za celotno obdobje pa znaša +0,8 °C/100 let. Vsi trendi so statistično značilni.

Najhladnejše leto v obravnavanem obdobju je bilo 1871, najtoplejše pa leto 2000. Zelo topla leta si večinoma sledijo od leta 2000 dalje. Najhladnejše zime so bile v prvih sto letih meritev. Zelo tople zime so značilne predvsem za obdobje zadnjih 20 let niza (najtoplejša zima 2006/07), tople so bile zime tudi na začetku 20. stoletja, ko jim je sledilo obdobje hitrega zniževanja zimskih temperatur. Najtoplejše poletje je bilo leta 2003. Razen v zadnjih dveh desetletjih je bilo nekaj toplih poletij še na začetku meritev in sredi 20. stoletja. Nasprotno pa so se hladna poletja v Ljubljani vrstila na začetku meritev in v prvi polovici 20. stoletja.

Preglednica 3.1: Spremenljivost temperature zraka v Ljubljani v obdobju 1851–2010 (v °C).

	Povp.	Stand. odklon	Najnižja temperat.	Najvišja temperat.	Trend*: °C/100 let	Štiri najtoplejše sezone/leta	Štiri najhladnejše sezone/leta
Pomlad	9,9	1,1	7,5 (1932)	13,4 (2007)	+1,1	2007, 2009, 2000, 2002	1932, 1853, 1955, 1958
Poletje	19,0	1,0	17,1 (1851, 1913)	23,4 (2003)	+0,8	2003, 1994, 1998, 2010	1851, 1913, 1926, 1918, 1978 **
Jesen	9,9	1,1	6,5 (1912)	13,3 (2006)	+0,9	2006, 2000, 1926, 1963	1912, 1908, 1915, 1922
Zima	-0,1	1,8	-6,5 (1879/80)	5,1 (2006/07)	+1,4	2006/07, 2000/01, 1876/77, 1997/98	1879/80, 1857/58, 1890/91, 1928/29
Leto	9,7	0,8	7,7 (1871)	12,2 (2000)	+1,1	2000, 2007, 1994, 2002	1871, 1858, 1864, 1940

\* Vsi trendi so glede na Mann-Kendallov test statistično značilni ( $\alpha = 5\%$ ). \*\* Dve sezoni imata enako povprečno temperaturo.

Na **Dobraču** so trendi segrevanja letnih časov bolj uravnoteženi kot v Ljubljani. Pomladi in jeseni so se v obdobju 1851–2014 segrele s stopnjo  $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ , poletja in zime pa s  $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ . Tudi tu je opazen izrazit trend segrevanja v zadnjih desetletjih niza, saj so se najtoplejša leta in sezone, z nekaj izjemami, zvrstila po letu 1990, najhladnejša pa so bila v prvih sto letih meritev. Dobraški trendi so tako rekoč identični stoletnim trendom, ki veljajo za Alpe (Böhm in sod., 2001) in so izrazitejši od svetovnega povprečja. Najhladnejše leto je bilo s povprečno temperaturo  $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  prvo leto meritev (1851), najtoplejše pa 2014 s temperaturo  $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posledica vse višjih temperatur v gorskem svetu v zadnjem stoletju, posebej v zadnjih desetletjih, so, v kombinaciji s spreminjanjem drugih podnebnih elementov, značilne spremembe v naravnem in družbenem okolju. V Sloveniji so zelo dobro dokumentirani postopno krčenje in razpadanje Triglavskega ledenika (Gabrovec in sod., 2014) ter težave s smučarskim turizmom zaradi vse manj snega in nezanesljive snežne odeje (npr. Ogrin M. in sod., 2011a, 2011b).

Preglednica 3.2: Spremenljivost temperature zraka na Dobraču v obdobju 1851–2014 ( $v\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

	Povp.	Stand. odklon	Najnižja temperatura	Najvišja temperatura	Trend*: $^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$	Štiri najtoplejše sezone/leta	Štiri najhladnejše sezone/leta
Pomlad	-1,8	1,5	-4,9 (1851)	1,4 (2007)	+1,2	2007, 2012, 1920, 2000	1851, 1852, 1878, 1883, 1970 **
Poletje	7,4	1,0	5,1 (1913)	11,5 (2003)	+1,0	2003, 2012, 1859, 1994	1913, 1864, 1884, 1918
Jesen	1,1	1,3	-3,2 (1912)	4,4 (2006)	+1,2	2006, 2011, 1967, 1961	1912, 1851, 1915, 1967
Zima	-6,8	1,6	-11,0 (1962/63)	-2,8 (2006/07)	+1,0	2006/07, 1989/90, 2013/14, 1997/98	1962/63, 1912/13, 1894/95, 1906/07
Leto	-0,5	0,8	-2,2 (1851)	2,1 (2014)	+1,1	2014, 2011, 2000, 1994	1851, 1864, 1860, 1879

\* Vsi trendi so glede na Mann-Kendallov test statistično značilni ( $\alpha = 5\%$ ). \*\* Dve sezoni imata enako povprečno temperaturo.

**Zagreb** ima podobne tendence spreminjanja temperature zraka kot Ljubljana, le da so trendi manj izraziti. Tudi v Zagrebu so se v zadnjih 150 letih najbolj segrele zime (trend  $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ ), ki so v zadnjih letih niza za 1,8 stopinje toplejše kot v šestdesetih letih 19. stoletja. Sledijo jim pomladi ( $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ ). Povprečne letne temperature so v zadnjih letih za stopinjo višje, kot so bile na začetku meritev. Trend segrevanja znaša  $+0,9\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ . Vsi trendi so statistično značilni. Tudi v Zagrebu se je večina najtoplejših let zvrstila v zadnjih 15 letih niza, medtem ko so bila najhladnejša, z izjemo leta 1940, v 19. stoletju.

Preglednica 3.3: Spremenljivost temperature zraka v Zagrebu v obdobju 1862–2010 (v °C).

	Povp.	Stand. odklon	Najnižja temperatura	Najvišja temperatura	Trend*: °C/100 let	Štiri najtoplejše sezone/leta	Štiri najhladnejše sezone/leta
Pomlad	11,8	1,1	9,4 (1932, 1955)	15,0 (2007)	+0,8	2007, 2009, 2000, 1920, 1934 **	1932, 1955, 1875, 1883
Poletje	21,1	0,9	19,0 (1926)	24,6 (2003)	+0,7	2003, 1992, 1950, 1994	1926, 1913, 1919, 1940
Jesen	11,8	1,1	8,3 (1912)	14,5 (1926)	+0,7	1926, 2006, 2000, 1963	1912, 1908, 1915, 1921, 1941 **
Zima	1,5	2,0	-4,4 (1879/80)	6,9 (2006)	+1,2	2006/07, 2000/01, 1997/98, 2008/09	1879/80, 1890/91, 1928/29, 1939/40
Leto	11,5	0,8	9,5 (1940)	13,8 (2000)	+0,9	2000, 2007, 1994, 2008, 2009 **	1940, 1864, 1871, 1933

\* Vsi trendi so glede na Mann-Kendallov test statistično značilni ( $\alpha = 5\%$ ).

\*\* Dve sezoni/leti imata enako povprečno temperaturo.

Za **Trst**, ki ima maritimne podnebne poteze, je značilno, da so trendi segrevanja ozračja nekoliko nižji kakor v Ljubljani, na Dobraču in v Zagrebu. Ljubljana, še bolj pa Zagreb, ima celinsko lego, razen tega je pri Ljubljani tudi izrazitejši vpliv mestnega podnebja na temperaturni režim. Razlika je največja pri zimskih temperaturah, kjer je trend segrevanja zim v Trstu v primerjavi z Zagrebom manjši za 0,3, v primerjavi z Ljubljano pa za 0,5 °C. Pri drugih letnih časih so razlike manjše. Linearni trend povprečnih letnih temperatur zraka je v Trstu +0,8 °C/100 let, kar je na ravni stoletnih trendov v večjem delu Evrope (Benison in sod., 1998).

Najhladnejše leto je bilo v Trstu 1940, vsa druga zelo hladna leta so bila v drugi polovici 19. stoletja. V prvih 80 letih meritev so se zvrstile tudi najhladnejše zime, z najhladnejšo 1928/29, ki je znana tudi po veliki pozebi oljk. Po tej pozebi se je število oljčnikov v obalnem delu Slovenije zelo zmanjšalo, v nekaterih pokrajinah (Goriška brda) so oljko do osemdesetih let 20. stoletja prenehali gojiti (Ogrin D., 2007). Hud mrz je bil pozimi 1928/29, posebej februarja 1929, tudi v celinskem delu Slovenije. Številna so poročila o pozebah sadnega drevja in drevja v gozdovih, zamrznilo so številne reke, zmrzovala je živina v hlevih in vino ter poljski pridelki v kletih, ljudem je zmanjkovalo kuriva, zaradi mraza je zastal promet, posebej železniški, ker so zamrzovale parne lokomotive, zapirali so šole (Trontelj, 1997). Najtoplejše poletje v zgodovini tržaških meritev je bilo leta 2003. Razen v zadnjem desetletju obravnavanega niza so bila zelo topla poletja tudi sredi 20. stoletja, nasprotno pa so se hladna poletja vrstila na začetku meritev, v drugem desetletju 20. stoletja ter konec sedemdesetih in na začetku osemdesetih let 20. stoletja. Za



obdobje po sredini osemdesetih let 20. stoletja pa je značilna tendenca hitrega naraščanja temperature zraka.

Slika 3.2:

*Oljka je kot sredozemska kultura občutljiva na nizke temperature. V odvisnosti od stopnje mraza pomrznejo manjše ali večje veje, zelo redko tudi deblo. Na fotografiji je po pozebi obrezana oljka.*



(Foto: Darko Ogrin, 2018)

Preglednica 3.4: Spremenljivost temperature zraka v Trstu v obdobju 1841–2009 (v °C).

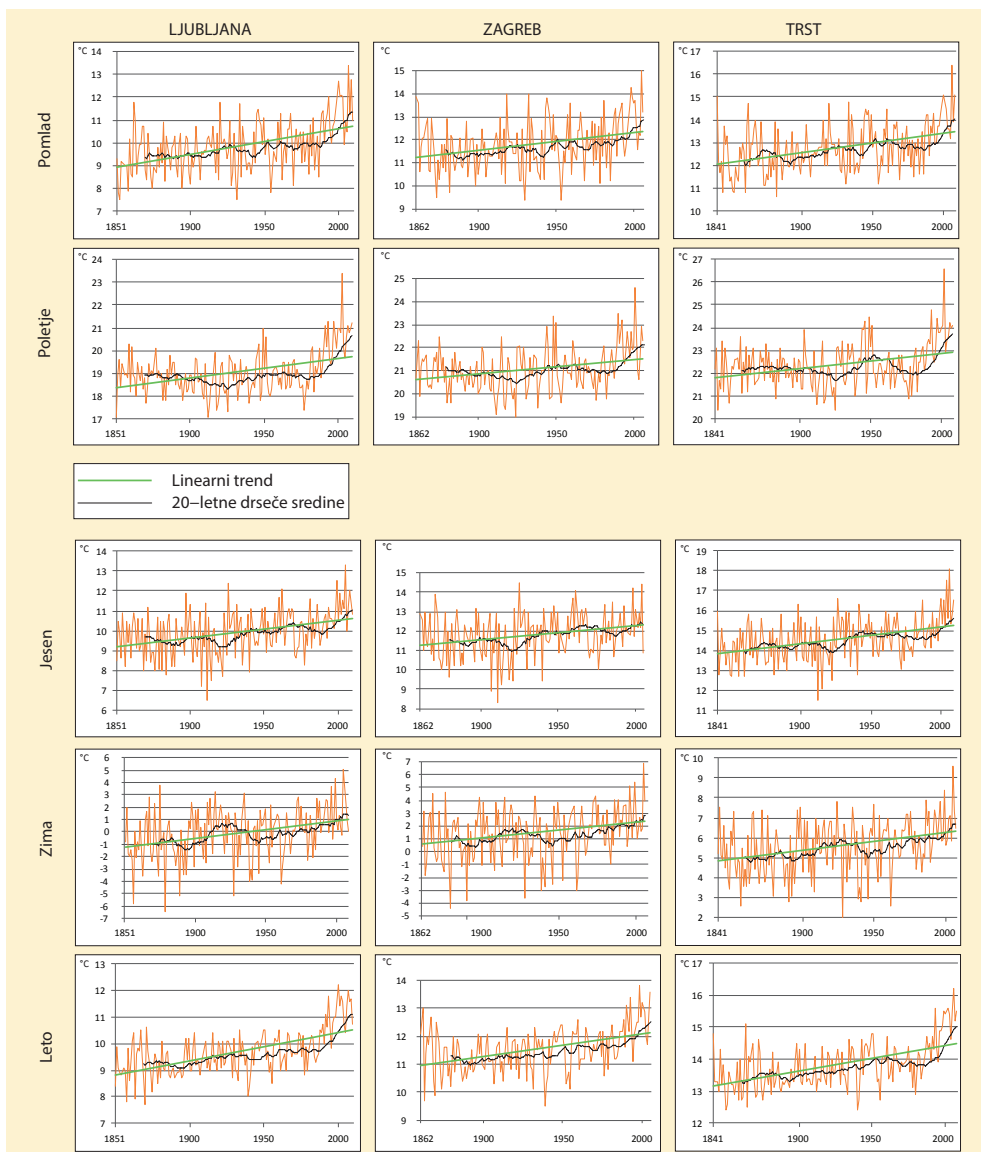
	Povp.	Stand. odklon	Najnižja temperatura	Najvišja temperatura	Trend*: °C/100 let	Štiri najtoplejše sezone/leta	Štiri najhladnejše sezone/leta
Pomlad	12,8	1,4	10,6 (1883)	16,4 (2007)	+0,9	2007, 2001, 2009, 1841	1883, 1845, 1853, 1861
Poletje	22,4	0,9	20,4 (1843)	26,6 (2003)	+0,6	2003, 1994, 1950, 1998	1843, 1926, 1851, 1913
Jesen	14,6	1,0	11,5 (1912)	18,1 (2006)	+0,8	2006, 2004, 1926, 1987	1912, 1915, 1922, 1851, 1856 **
Zima	5,5	1,3	2,0 (1928/29)	9,6 (2006)	+0,9	2006/07, 2000/01, 1987/88, 1997/89	1928/29, 1857/58, 1867/68, 1890/91
Leto	13,8	0,7	12,4 (1940)	16,2 (2007)	+0,8	2007, 2003, 1994, 2006, 2009 **	1940, 1850, 1864, 1858, 1860 **

\* Vsi trendi so glede na Mann-Kendallov test statistično značilni ( $\alpha = 5\%$ ). \*\* Dve sezoni/leti imata enako povprečno temperaturo.

Primerjava stoletnih temperaturnih trendov med Ljubljano, Dobračem, Zagrebom in Trstom je pokazala, da so trendi segrevanja ozračja najmanj izraziti v Trstu, najbolj pa v Ljubljani in na Dobraču. Povprečna letna temperatura zraka je v Ljubljani in na Dobraču naraščala s trendom +1,1 °C/100 let, v Zagrebu s +0,9 °C/100 let in v Trstu s

trendom  $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ . V vseh treh mestih so se najbolj segrele zime, s pripombo, da je v Trstu trend segrevanja zim enak trendu spomladanskih temperatur. Najnižji so trendi za poletne in jesenske temperature zraka. Izjema je visokogorski Dobrač, kjer so se najbolj segrele pomladi in jeseni ( $+1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ ), poletja in zime ( $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ let}$ ), tako da je trend segrevanja med letnimi časi najbolj uravnotežen med obravnavanimi postajami.

Slika 3.3: Spreminjanje povprečne temperature zraka v Ljubljani (1851–2010), Zagrebu (1862–2010) in Trstu (1851–2009).





Rezultati za Trst so pričakovani, saj so na splošno trendi segrevanja v predelih z maritimnim podnebjem manj izraziti kot v predelih s celinskim podnebjem, čeprav je maritimnost tržaškega podnebjja manj izrazita. Mesto namreč leži ob skrajnem severnem robu Jadranskega morja, ki se globoko zajeda v evropsko celino, severni Jadran je plitvo morje in ima šibko izmenjavo vode z južnim Jadranom oziroma Sredozemskim morjem. Zaradi tega je temperaturni režim vode v Tržaškem zalivu večinoma bolj podoben večjim jezerom kakor morju. Manjša maritimnost tržaškega podnebjja je razvidna tudi iz primerjave tržaških trendov s Padovo, kjer je trend segrevanja povprečne letne temperature zraka za konec 19. in 20. stoletje za 0,5 °C nižji kot v Trstu (+0,34 °C/100 let; Cocheo, Camuffo, 2002).

Trend segrevanja Ljubljane, posebej po letu 1950, je izrazitejši kot trend segrevanja Zagreba, čeprav ima Zagreb bolj celinske podnebne poteze kot Ljubljana. Ljubljanski trend v obdobju po letu 1980 tudi daleč presega svetovno povprečje (Dolinar, Vertačnik, 2010). Glavni razlog je v širitvi mesta v drugi polovici 20. stoletja in urbanizaciji okolice meteorološke postaje. Ta se je iz primestne spremenila v mestno in prišla pod močan vpliv mestnega toplotnega otoka. Tega vpliva pa pri homogenizaciji podatkov ni bilo mogoče upoštevati (Bertalanič in sod., 2010). S primerjavo trendov za Zagreb pred letom 1950 in po njem smo vpliv mestnega toplotnega otoka Ljubljane na trend segrevanja po letu 1950 ocenili na 0,3 do 0,4 °C, na stoletni trend pa na okoli 0,2 °C (Ogrin D., 2015).

### 3.1.3 Spreminjanje in trendi sezonskih in letnih padavin

Za primerjavo variabilnosti padavin v krajih z njihovo različno količino, kakor je v našem primeru (Zagreb je v obdobju 1862–2010 prejel povprečno 887 mm padavin letno, Trst v obdobju 1841–2009 1043 mm, Bad Bleiberg v obdobju 1874–2014 1340 mm in Ljubljana v obdobju 1851–2011 1396 mm), je boljši kazalnik kot standardni odklon koeficient variacije. Glede na to mero se sezonska variabilnost pri vseh obravnavanih padavinskih postajah večinoma giblje med 30 in 40 %. Pri Bad Bleibergu (23 %) in Ljubljani (26 %) z nekoliko manjšo variabilnostjo izstopajo poletne padavine, pri Zagrebu spomladanske (27 %), z večjo variabilnostjo pa pri Trstu (44 %) in Bad Bleibergu (55 %) izstopajo zime. Letna variabilnost se giblje od 16 % (Zagreb, Bad Bleiberg) do 20 % (Trst). V Ljubljani znaša 17 %. Mesečna spremenljivost padavin je bistveno večja od sezonske – glede na koeficient variacije tudi do 80–95 %, saj lahko v katerem koli mesecu, tudi v tistih, ki so običajno najbolj namočeni, pade zanemarljiva količina padavin ali pa je dolgoletno povprečje preseženo za več kot 100 %.

Dolgodobno je pri **Ljubljani** najopaznejši trend zniževanja višine jesenskih padavin (–41 mm/100 let, zmanjšanje za slabe 3 %), zelo podoben je tudi trend povprečne letne višine padavin (–40 mm/100 let). V drugih letnih časih so spremembe minimalne. Nekoliko večjo pomembnost lahko pripišemo le trendu jesenskih padavin, čeprav trend, kakor vsi drugi, statistično ni značilen. Višina jesenskih padavin se je od začetka meritev zmanjšala za 66 mm (za slabih 10 %). Iz njihovega poteka v obdobju 1851–2011 je razvidno, da so se od začetka meritev rahlo zmanjševale do dvajsetih let 20. stoletja (1920, najbolj suho leto), nato so naraščale vse do leta 1937, ki velja za najbolj namočeno leto v obravnavanem obdobju. Kljub izjemni količini padavin (v Ljubljani

je tega leta padlo 2379 mm padavin) večjih poplav tega leta v Sloveniji ni bilo, pač pa so bile katastrofalne poplave leta 1933, ki velja za drugo najbolj namočeno leto v obravnavanem obdobju v Ljubljani. Zelo namočena je bila jesen, zlasti september, ko so bile v večjem delu Slovenije ene najhujših poplav v zadnjih 150 letih (Trontelj, 1997). Sledilo je obdobje zmanjševanja in večje medletne spremenljivosti količine padavin, v devetdesetih letih 20. stoletja pa njihova ponovna krepitev. Jesen je v osrednji Sloveniji, pa tudi v zahodni in južni, običajno najbolj namočen letni čas. Hkrati je za jesenske padavine značilno, da so od vseh letnih časov najbolj variabilne. Jesenska variabilnost ima največji vpliv na padavinski režim v osrednji Sloveniji, ki leži na prehodu med zmerno sredozemskim in zmerno celinskim padavinskim režimom. Zaradi tega ima osrednja Slovenija v posameznih obdobjih bolj celinske padavinske značilnosti s primarnim viškom na prehodu pomladi v poletje, v drugih pa bolj sredozemske, z glavnim viškom v jeseni, običajno novembra.

Preglednica 3.5: Spremenljivost višine padavin v Ljubljani v obdobju 1851–2011 (v mm).

	Povp.	SD * V <sub>k</sub> (%)	Najnižja višina pad.	Najvišja višina pad.	Trend: ** mm/100 let	Štiri najbolj namočene sezone/leta	Štiri najmanj namočene sezone/leta
Pomlad	314	101 32 %	130 (1865)	642 (1876)	-17	1876, 1937, 1922, 1866	1865, 1952, 1889, 1890
Poletje	397	102 26 %	170 (1857)	654 (1934, 1937)	+8	1934, 1937, 1884, 1919	1857, 1977, 1859, 1865
Jesen	428	150 35 %	87 (1920)	967 (1933)	-41	1933, 1851, 1926, 1859	1920, 1921, 2011, 2006
Zima	258	107 42 %	16 (1850/51)	555 (1852/53, 1914/15)	+10	1852/53, 1914/15, 1951/52, 1935/36	1850/51, 1889/90, 1997/98, 1856/57
Leto	1396	245 17 %	767 (1857)	2379 (1937)	-40	1937, 1933, 1878, 1965	1857, 1890, 1865, 1920

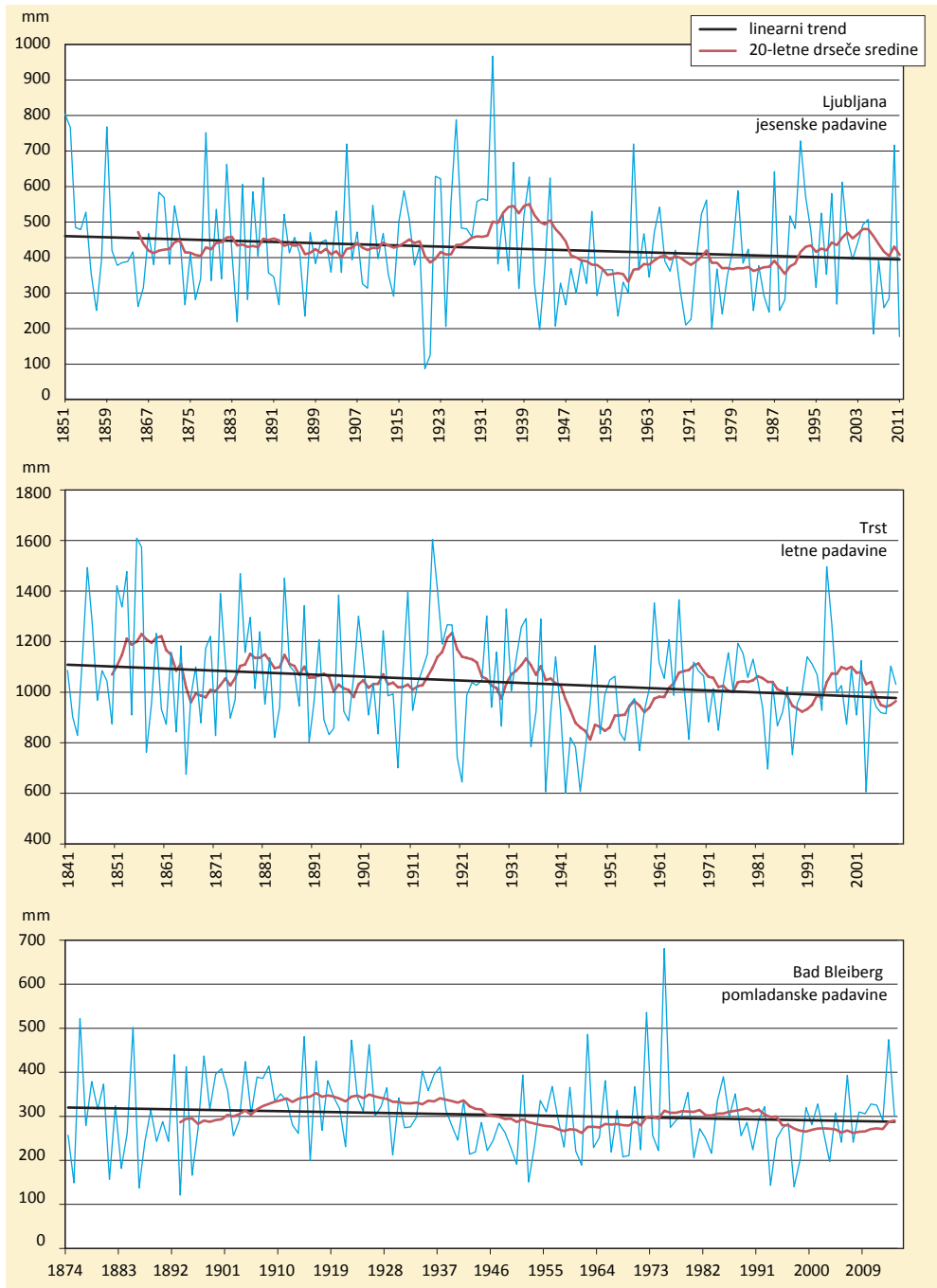
\* SD – standardni odklon; V<sub>k</sub> – koeficient variacije

\*\* Glede na Mann-Kendallov test trendi statistično niso značilni.

Vsi trendi za sezonske padavine v **Trstu** so negativni in neznačilni. Le zimske padavine izkazujejo rahel trend naraščanja. Še najizrazitejši je trend zniževanja jesenske višine padavin (-64 mm/100 let). V primerjavi z začetkom meritev je bilo jesenskih padavin v zadnjem obdobju obravnavanega niza za skoraj 19 % manj. Pod vplivom jesenskih padavin so se postopoma zmanjševale tudi letne padavine. V obdobju 1841–2009 se je letna višina padavin zmanjšala za okoli 130 mm (za 12 %, trend: -78 mm/100 let).

Zgodovino meritev padavin v Trstu zaznamujejo obdobja z bolj ali manj namočenimi leti. Nekoliko daljša obdobja, ko si je sledilo več nadpovprečno namočenih let, so 1851–1859, 1912–1919 in 1960–1966. V zadnjih desetletjih niza kot zelo namočeni izstopata leti 1995 in 1996. Najbolj namočeno leto v obravnavanem obdobju je bilo 1855, ko je padlo 1609 mm padavin, kar je več kot 150 % običajne višine. Kot najdaljše

Slika 3.4: Spreminjanje višine jesenskih padavin v Ljubljani (1851–2011), letnih v Trstu (1841–2009) in spomladanskih v Bad Bleibergu (1874–2014).



obdobje s podpovprečno letno količino padavin izstopa čas med letoma 1920 in 1958. Znotraj tega obdobja je tudi leto 1942, ko je padlo le 600 mm padavin, to je okoli 400 mm manj kot običajno.

Čeprav je jesen letni čas, v katerem v Trstu običajno pade največ padavin, so jesenske padavine ob zimskih najbolj spremenljive (standardni odklon je 131 mm, koeficient variacije 38 %). Najbolj namočena jesen je bila leta 1926, ko je padlo 706 mm padavin (več kot 100 % običajne količine), najbolj sušna pa leta 1988 z le 70 mm (20 % dolgoletnega povprečja). Do konca 19. stoletja so bile jeseni večinoma nadpovprečno namočene, med letoma 1930 in 1980 je bilo daljše obdobje z bolj sušnimi jesenmi, med letoma 1990 in 1996 so si sledile bolj vlažne jeseni, v zadnjem desetletju pa so ponovno bolj suhe.

Za naravno in družbeno okolje je zelo pomembno spreminjanje poletnih padavin, saj je z njimi povezana poletna suša. Te na splošno v celotnem obdobju nimajo izrazitega trenda, opazni pa sta daljši obdobji z bolj namočenimi poletji (1874–1916 in 1965–1978) ter tri obdobja z večinoma podpovprečno količino padavin in s tem večjo sušno ogroženostjo (1841–1870, 1929–1959 in po letu 1998). Po poletnem pomanjkanju padavin izstopa prva polovica 20. stoletja, ko je bila količina poletnih padavin skoraj 25 let za tretjino ali celo polovico manjša od običajne. Za zadnjih 20 let pa je značilna serija zelo suhih poletij, z najbolj suhim leta 2003. Tedaj je v Trstu padlo 73 mm padavin, kar je manj kot tretjina dolgoletnega povprečja. Nasprotno pa je poletje 1977, ki velja za najbolj namočeno v zgodovini tržaških meritev, padlo kar 548 mm, kar je še enkrat toliko kot v povprečnih poletjih.

Preglednica 3.6: Spremenljivost višine padavin v Trstu v obdobju 1841–2009 (v mm).

	Povp.	SD* V <sub>k</sub> (%)	Najnižja višina pad.	Najvišja višina pad.	Trend: ** mm/100 let	Štiri najbolj namočene sezone/leta	Štiri najmanj namočene sezone/leta
Pomlad	236	81 34 %	43 (1870)	507 (1845)	-13	1845, 1930, 1928, 1876	1870, 2003, 1993, 1841
Poletje	262	91 35%	73 (2003)	548 (1977)	-12	1977, 1896, 1876, 1913	2003, 1935, 1842, 1983,
Jesen	343	131 38 %	70 (1988)	706 (1926)	-64	1926, 1993, 1855, 1933	1988, 1920, 1908, 2006
Zima	201	88 44 %	14 (1850/51)	532 (1855/56)	+9	1855/56, 1914/15, 1852/53, 1994/95	1850/51, 1997/98, 1890/91, 1920/21
Leto	1043	206 20 %	600 (1942)	1609 (1855)	-78	1855, 1915, 1856, 1995	1942, 1938, 2003, 1945

\*SD – standardni odklon; V<sub>k</sub> – koeficient variacije \*\* Glede na Mann-Kendallov test trendi statistično niso značilni.

Slika 3.5:

Nekatere toploljubne in na sušo prilagojene rastline v Obsreozemskih pokrajinah, npr. puhasti hrast, v času hudih poletnih suš prenehajo rasti (listje porjaviti), po večjem deževju konec poletja ali v začetku jeseni pa ponovno ozelenijo.



(Foto: Darko Ogrin, 2006)

Količina sezonskih in letnih padavin se je v **Zagrebu** v obdobju 1862–2010 spreminjala podobno kot v Ljubljani, le da so trendi manj izraziti. Količina pomladnih, jesenskih in letnih padavin se je rahlo zmanjšala, poletnih in zimskih pa rahlo povečala. Do podobnih ugotovitev je za Maribor prišel Žiberna (2011), kar ni presenetljivo, saj imata Zagreb in Maribor sorodne podnebne razmere. Najizrazitejša sta trenda za spomladanske (–18 mm/100 let) in letne padavine (–19 mm/100 let), ki pa statistično nista značilna. V obdobju 1862–2010 se je višina spomladanskih padavin zmanjšala za dobrih 25 mm (za 12 %), letnih pa za skoraj 30 mm (za 3 %). Najbolj namočeno leto v obravnavanem obdobju je bilo, tako kot v Ljubljani, 1937, ko so namerili 1387 mm, kar je 156 % 148-letnega povprečja. Temu letu sledi, podobno kot v Ljubljani, okoli 10-letno obdobje s podpovprečno višino padavin. Najmanj padavin je v Zagrebu padlo leta 1949, 581 mm (65 % dolgoletnega povprečja).

Preglednica 3.7: Spremenljivost višine padavin v Zagrebu v obdobju 1862–2010 (v mm).

	Povp.	SD* V <sub>k</sub> *(%)	Najnižja višina pad.	Najvišja višina pad.	Trend: ** mm/100 let	Štiri najbolj namočene sezone/leta	Štiri najmanj namočene sezone/leta
Pomlad	204	55 27 %	57 (2003)	374 (1876)	–18	1876, 1972, 1914, 1970	2003, 1893, 1952, 1968
Poletje	264	81 31 %	100 (1952)	529 (1926)	+8	1926, 1989, 1959, 1870	1952, 1877, 1932, 1950
Jesen	258	89 34 %	86 (1924)	532 (1905)	–14	1905, 1878, 1993, 1933	1924, 1947, 1891, 1920
Zima	161	53 33 %	60 (1889/90)	299 (1936/37)	+5	1936/37, 1946/47, 1894/95, 1951/52	1889/90, 1997/98, 1988/89, 1948/49
Leto	887	146 16 %	581 (1949)	1387 (1937)	–19	1937, 1915, 1878, 1876	1949, 1973, 1971, 1927

\* SD – standardni odklon; V<sub>k</sub> – koeficient variacije \*\* Glede na Mann-Kendallov test trendi statistično niso značilni.

Podatki za padavinsko postajo **Bad Bleiberg**, ki leži ob severnem vznožju Dobrača, niso najbolj reprezentativni za slovenski gorski svet. Postaja leži v zavetrju Julijskih Alp in Karavank, zato prejme bistveno manj padavin kakor Julijske Alpe, zahodne Karavanke ali Kamniško-Savinjske Alpe. Padavinski režim ima bolj celinske poteze, z viškom padavin v poletnem času, medtem ko ima večina slovenskega gorskega sveta zmerno sredozemske poteze padavinskega režima s primarnim viškom v jeseni in sekundarnim na prehodu pomladi v poletje. Podobno kot pri drugih analiziranih postajah so tudi padavinski trendi za Bad Bleiberg neizraziti in statistično neznačilni, vendar imajo v vseh sezonah enoten negativen predznak. V obdobju 1874–2014 se je, podobno kot v Zagrebu, najbolj zmanjšala višina spomladanskih padavin (trend  $-23$  mm /100 let), sledijo jesenske in zimske padavine. Sezonskih padavin je bilo v zadnjem desetletju obravnavanega niza 4 do 7 % manj kot v začetnem desetletju meritev, letnih pa okoli 5 % manj. Nadpovprečno namočena je bila večina prve polovice 20. stoletja, tudi leti 1910 in 1916, ki sta z izjemo izjemno namočenega leta 2014 leti z največ padavin v zgodovini badbleiberških meritev. Podpovprečno namočena leta si sledijo predvsem po letu 1985.

Preglednica 3.8: Spremenljivost višine padavin v Bad Bleibergu v obdobju 1874–2014 (v mm).

	Povp.	SD* $V_k$ (%)	Najnižja višina pad.	Najvišja višina pad.	Trend: ** mm/100 let	Štiri najbolj namočene sezone/leta	Štiri najmanj namočene sezone/leta
Pomlad	306	90 29 %	121 (1893)	681 (1975)	-23	1975, 1972, 1876, 1885	1893, 1886, 1997, 1993
Poletje	447	101 23 %	242 (1892)	706 (1924)	-19	1924, 1958, 1946, 2009	1892, 1921, 1984, 2006
Jesen	392	126 32 %	101 (1921)	809 (1878)	-20	1878, 1916, 1882, 1933	1921, 1977, 1895, 1945
Zima	193	106 55 %	43 (1974/75)	655 (2013/14)	-11	2013/14, 1950/51, 1914/15, 1909/10	1974/75, 2001/02, 1991/92, 1921/22
Leto	1340	218 16 %	650 (1921)	1977 (2014)	-72	2014, 1916, 1910, 1878	1921, 1895, 1983, 1893

\*SD – standardni odklon;  $V_k$  – koeficient variacije

\*\* Glede na Mann-Kendallov test trendi statistično niso značilni.

## 3.2 Tendence spreminjanja podnebja na Slovenskem po drugi svetovni vojni po podnebnih tipih

Z vidika izdelave projekcij bodočega podnebja in njegovih posledic v naravnem in družbenem okolju so pomembni trendi spreminjanja podnebja v zadnjih desetletjih. Po drugi svetovni vojni se je pokritost slovenskega ozemlja z meteorološkimi postajami



povečala, tako da imamo celovitejšo predstavo o tendencah spreminjanja podnebja tudi po posameznih pokrajinah in podnebnih tipih. Žal nimamo t. i. referenčnih meteoroloških postaj, kjer bi opazovanja in meritve potekale v nespremenjeni okolici opazovalnega prostora in kontinuirano, kar bi zagotovilo homogene nize podnebnih podatkov, ki bi verodostojno odsevali spremembe podnebja. So pa na spletnih straneh ARSO dosegljivi po enotni metodologiji homogenizirani podatki slovenskih meteoroloških postaj za čas po drugi svetovni vojni (Arhiv ARSO), ki omogočajo kakovostne analize spreminjanja podnebja.

V obdobju 1961–2011 se je povprečna temperatura v Sloveniji dvignila za 1,7 °C, oziroma za 0,36 °C na desetletje. Zahodni del Slovenije se segreva nekoliko počasneje kot vzhodni, saj se obmorska območja segrevajo počasneje. Najhitreje se segrevajo poletja in pomladi, počasneje pa zime, medtem ko se temperature jeseni bistveno ne spreminjajo (Vertačnik in sod., 2013; Vertačnik in sod., 2018). V Sloveniji se najhitreje segrevajo mestna območja, ker se učinku globalnega segrevanja pridruži še učinek toplotnega otoka mesta, ki se z rastjo mest povečuje. Zelo izrazit trend segrevanja je po letu 1980. Za obdobje 1979–2008 znaša za Slovenijo, preračunan na 100 let, kar okoli 6 °C, kar daleč presega svetovno povprečje (Dolinar, Vertačnik, 2010, str. 38). Študije kažejo, da se spomladanske razvojne faze pri rastlinah (cvetenje, olistanje drevja) v zadnjih desetletjih začnejo 6 do 10 dni prej kakor v 50. letih 20. stoletja (Črepinšek, Zrnec, 2005). Zaradi zviševanja temperature zraka se po vsej Sloveniji, še najmanj v Primorju, povečuje število toplih in vročih dni, zmanjšuje pa število hladnih in ledenih dni. Število toplih dni, ko najvišje dnevne temperature presežejo 25 °C, se je v obdobju 1950–2009 povečevalo s stopnjo od 2,2 (Novo mesto) do 4,8 dneva (Postojna) na desetletje. Ledenih dni, ko tudi najvišje dnevne temperature ne presežejo 0 °C, pa je bilo od 2,7 (Rateče) do 5,2 dneva (Novo mesto) na desetletje manj. Tropske noči (najnižje nočne temperature nad 20 °C), ki so bile z izjemo obalnega pasu Slovenske Istre v notranjosti Slovenije redke, so v nekaterih mestih v notranjosti Slovenije postale že vsakoleten pojav (Bertalanič in sod., 2010, str. 4). Opažamo tudi zmanjševanje števila dni z meglo in podaljševanje trajanja Sončevega obsevanja.

Letna višina padavin se je v obdobju 1961–2011 zmanjšala za 10–15 %, pri čemer je upad na zahodu večji kot na vzhodu Slovenije. Upad je največji spomladi, zaznaven je po vsej državi, in poleti – značilen je predvsem za južne dele Slovenije. V zadnjih 15 do 20 letih je vse več jesenskih padavin tudi na severovzhodu države, v Prekmurju, ki med slovenskimi pokrajinami izstopa po celinskih podnebnih potezah, manj pa je padavin spomladi in poleti, ko so velikega pomena za kmetijstvo.

Naraščanje zimskih temperatur in zmanjševanje količine padavin pozimi vplivata tudi na sneg in snežno odejo. Za Slovenijo je značilno, da se po drugi svetovni vojni višina novozapadlega snega znižuje s stopnjo od 2 cm (Murska Sobota) do 22 cm (Rateče) na desetletje, število dni s snežno odejo v sezoni pa od 2 do 4 dni na desetletje (Bertalanič in sod., 2010, str. 4). Skupna višina snežne odeje se je v obdobju 1961–2010 zmanjšala za 55 %, višina novozapadlega snega pa za 40 % (Vertačnik in sod., 2018). To pomeni velike težave z zagotavljanjem dovolj dolgega obdobja z zadostno višino snežne odeje v naših smučarskih središčih, še posebej v nižje ležečih. Na Planini pod Golico se je npr. v obdobju 1979–2008 število dni s snežno odejo, debelejšo od 30 cm, kar je zadosten minimum za obratovanje smučišča, zmanjšalo od 77 na le 22

dni, vse več pa je sezon, ko ta pogoj ni izpolnjen in smučanje ni mogoče (Ogrin M. in sod., 2011a). Ob nadaljevanju dosedanjih trendov se utegnejo razmere še poslabšati.

Kot pomembno posledico podnebnih sprememb v Sloveniji zaznavamo tudi porast evapotranspiracije, ki se je od leta 1971 povečala za okoli 20 % (Vertačnik in sod., 2018). To je posledica višjih temperatur in pomeni, da je za enako stopnjo namočenosti pri višjih temperaturah potrebna večja količina padavin, sicer prihaja do sušnosti.

### 3.2.1 Podnebni tipi Slovenije za obdobje 1991–2020

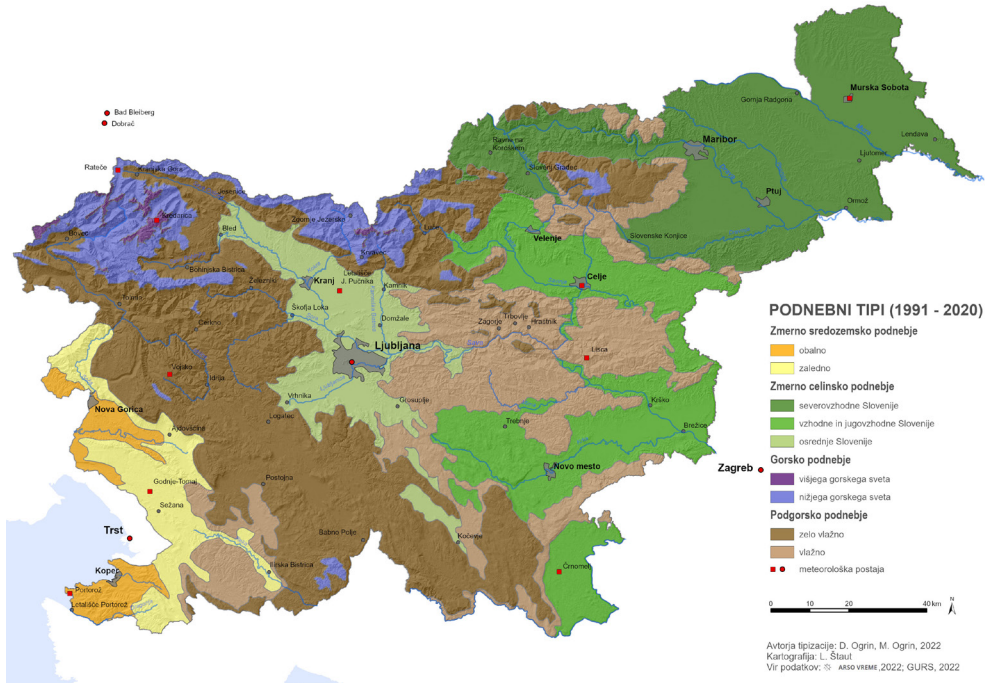
Z vidika velikih podnebnih enot ima Slovenija, razen gorskega sveta, tako kot večina Evrope zmerno toplo vlažno podnebje. Zanj je značilno, da se povprečna temperatura najhladnejšega meseca ne spusti pod  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  in da ima vsaj en mesec povprečno temperaturo nad  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; pri padavinah pa, da so vsi letni časi približno enakomerno namočeni, brez izrazitih sušnih in deževnih obdobj. Pri podrobnejši podnebni členitvi pride poleg lege v zmernih geografskih širinah in precejšnje višinske razčlenjenosti površja do izraza prehodnost slovenskega ozemlja med Alpami in Dinaridi ter Sredozemljem in Panonsko kotlino. Tako na našem ozemlju prihaja do stika in prepletanja gorskega (montanskega, alpskega), sredozemskega (mediteranskega) in celinskega (kontinentalnega, panonskega) podnebja (slika 3.6, Ogrin D., 1996, Ogrin D., Plut, 2009, str. 88–91; Ogrin D. in sod., 2023). To otežuje podnebno členitev, za podnebne tipe je namreč značilna netipičnost, če jih primerjamo s pravim celinskim, sredozemskim ali gorskim podnebjem. To je razlog, da jih označujemo za »zmerno« ali dodajamo predpone »sub«, »ob« ali »pod« (npr. zmerno celinsko, submediteransko, obpanonsko, podgorsko). Na splošno se z oddaljevanjem od alpsko-dinarske pregrade proti vzhodu in severovzhodu države krepijo celinske podnebne značilnosti, proti jugozahodu sredozemske, z naraščanjem nadmorske višine v Alpskih, Predalpskih in Dinarskokraških pokrajinah pa značilnosti gorskega podnebja. Zato moramo meje med tipi in podtipi podnebij na kartografskih prikazih razumeti kot prehodna območja in ne v smislu ostrih ločnic.

Južno in jugozahodno od alpsko-dinarske pregrade se zaradi odprtosti površja proti Jadranskemu morju in Sredozemlju pojavlja **zmerno sredozemsko podnebje**, ki ima največ jasnih dni v Sloveniji. Zaradi vpliva morja so povprečne temperature najvišje v Sloveniji, predvsem jesenske in zimske. V najhladnejšem mesecu se v povprečju ne spustijo pod ledišče, v najtoplejšem so nad  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Padavinski režim je zmerno sredozemski z viškom padavin v jesenskih mesecih. Snežna odeja je redek pojav. V hladni polovici leta je pogosta burja. Od obale proti alpsko-dinarski pregradi se temperature znižujejo, narašča pa količina padavin, kar je osnova za delitev zmerno sredozemskega podnebja na toplejše in manj namočeno obalno ter nekoliko hladnejše in bolj vlažno zaledno. Na prehodu zime v pomlad ter julija in avgusta je običajno suša, ki je zaradi značilnosti površja izrazitejša na kraškem svetu.

Na območjih Slovenije z zmerno sredozemskim podnebjem prevladuje kulturna pokrajina. Podnebje sovпада s primorsko vinorodno deželjo, obalno podnebje, kjer so januarske temperature nad  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  in julijske nad  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pa z območjem oljke (podnebje oljke). Podnebne razmere ustrezajo toploljubnim in na sušo prilagojenim listopadnim gozdovom, značilnim za obrobje Sredozemlja (npr. hrasta puhavca, črnega gabra), in

na najtoplejših območjih nekaterim sredozemskim (vednozelenim) rastlinam (hrast črnika, divjji špargelj) ter kulturnim rastlinam, kot so oljka, figa, granatno jabolko idr.

Slika 3.6: Podnebni tipi v Sloveniji (1991–2020) in lokacije obravnavanih meteoroloških postaj.



(Vir: Ogrin in sod., 2023)

**Zmerno celinsko podnebje** imajo nižje ležeča območja v severovzhodni, vzhodni, jugovzhodni in osrednji Sloveniji. Za zmerno sredozemskim je drugo najtoplejše podnebje v Sloveniji, za katero so značilne visoke poletne maksimalne temperature in največja povprečna letna temperaturna amplituda (nad 20 °C). Prejme podpovprečno letno višino padavin (pod 1400 mm), večina jih pade v topli polovici leta. Najizrazitejše celinske podnebne poteze ima severovzhodna Slovenija, kjer je april toplejši od oktobra (celinski predeli se spomladi hitreje segrejejo od območij pod vplivom morja), pade najmanj padavin (tudi pod 1000 mm) in ima pa zmerno celinski padavinski režim. Nižje ležeča območja na vzhodu in jugovzhodu Slovenije, ki so prav tako odprta proti Panonski nižini, imajo podobne temperaturne značilnosti, le da prejmejo več padavin in imajo zmerno sredozemski padavinski režim. Slednji je značilen tudi za zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije, ki je zaradi lege v bližini alpsko-dinarske pregrade še bolj namočeno; večji vpliv morskih zračnih gmot je razviden tudi iz toplejšega oktobra od aprila.

Kljub večjemu deležu padavin v topli polovici leta so poletja v severovzhodni, vzhodni in jugovzhodni Sloveniji, deloma tudi v osrednji Sloveniji na prodnih in peščenih nanosih, zaradi sorazmerno majhne količine padavin in visokih temperatur (povprečne julijske temperature so nad 20 °C) na robu sušnosti. Na območju z zmerno celinskim

podnebjem zaradi ugodnih naravnih razmer prevladuje kulturna pokrajina. Zmerno celinsko podnebje severovzhodne, vzhodne in jugovzhodne Slovenije (imenovali bi ga lahko tudi obpanonsko podnebje) približno sovпада s podravsko in posavsko vinorodno deželjo. Zaradi ugodnejših lokalnih podnebnih razmer so vinogradi in sadovnjaki večinoma urejeni v prisojah toplega pasu. V ravninah in dolinah, kjer so pogosti temperaturni obrati, so predvsem njivske in travniške površine. Listopadni gozdovi so v hribovskem pasu, osojah gričevij in nižinah ob vodotokih (logi) ter na območjih z visoko talno vlažnostjo (poplavni gozdovi).

Z višino se temperatura zraka običajno znižuje, narašča količina padavin, povečuje se trajanje in višina snežne odeje, povečuje se vetrovnost, krajša se rastna doba ipd. Zato so ena glavnih značilnosti **gorskega podnebja** višinski podnebno-rastlinski pasovi, v Sloveniji predvsem gorski, subalpski in alpski pas (manjka pravi nivalni pas). Gorsko podnebje, ki ga imajo Alpe, Pohorje in najvišji predeli zahodnega predalpskega hribovja ter Visokih dinarskih planot, je najhladnejše in najvlažnejše v Sloveniji (pa tudi v Evropi), z dolgo trajajočo in visoko snežno odejo, ki v povprečnih zimah preseže 150 cm. Povprečna temperatura najhladnejšega meseca je nižja od  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , letna višina padavin pa večinoma nad 1600 mm. Zahodna območja z gorskim podnebjem so bolj namočena (letno pade tudi več kot 2500 mm padavin) in imajo višek padavin v pozni jeseni, vzhodna pa prejmejo manj padavin, najbolj namočen del leta se premakne v poletni čas. Najmanj padavin je pozimi. V zadnjih desetletjih se obseg gorskega podnebja v Sloveniji zmanjšuje zaradi segrevanja ozračja.

Podnebje višjega gorskega sveta imajo najvišji grebeni Julijskih in Kamniško-Savinjskih Alp, kjer temperatura najtoplejšega meseca v povprečju ne preseže  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kar sovпада z alpskim pasom oziroma območjem alpskega grmičevja, travišč in neporaščene površja. Nižje, pod zgornjo drevesno in gozdno mejo (subalpski in gorski pas), kjer imajo eden do štiri meseci povprečno temperaturo nad  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , je podnebje nižjega gorskega sveta. To seže tudi v nekatere gorske doline in visoko ležeče kraške kotanje, kjer so temperature podobne gorskim predvsem zaradi močnih temperaturnih obratov.



(Foto: Darko Ogrin, 2017)

Slika 3.7:

*V gorskem svetu pade veliko padavin, tudi v Bohinju, za katerega ljudje pravijo, da ima tam dež mlade. Zato je dežnik eden od simbolov teh krajev.*

**Podgorsko podnebje** imata predgorje Alp in velika večina predalpskega hribovja ter dinarskokraških planot in hribovij. Je prehodno podnebje med gorskim in zmerno celinskim na vzhodni strani oziroma gorskim in zmerno sredozemskim na jugozahodni strani alpsko-dinarske pregrade. Povprečne januarske temperature so večinoma med 0 in  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , julijske pa med 16 in  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zaradi lege na območju alpsko-dinarske pregrade je podnebje nadpovprečno namočeno, z najmanj padavin pozimi. Snežna odeja je manj zanesljiva kot pri gorskem podnebju zaradi nižjih nadmorskih višin in višjih temperatur. Padavinske in temperaturne razmere so osnova za delitev podgorskega podnebja na zelo vlažno, ki ga ima osrednji, najvišji in najbolj namočen del pregrade, in vlažno, ki ga imajo nižji in nekoliko toplejši robni predeli na celinski in primorski strani pregrade. Zaradi manj ugodnih podnebnih, reliefnih in talnih razmer na območjih Slovenije s predgorskim podnebjem in podnebjem nižjega gorskega sveta prevladuje gozd – v nižje ležečih predelih listnat, predvsem bukov, ki z višino preide v mešan in iglast gozd.

### 3.2.2 Odklon temperature zraka in višine padavin v obdobju 1991–2020 v primerjavi z obdobjem 1961–1990

Za ugotavljanje tendenc spreminjanja podnebja v obdobju 1991–2020, v primerjavi s predhodnim standardnim klimatološkim obdobjem 1961–1990, smo za vsak podnebni tip izbrali po dve reprezentativni meteorološki postaji (za vsak podtip eno), le za zmerno celinsko podnebje, ki je razčlenjeno na tri podtipe, štiri (posebej še za zmerno celinsko podnebje jugovzhodne Slovenije). Za spreminjanje obalnega zmerno sredozemskega podnebja smo uporabili podatke za Letališče Portorož v Sečovljah (n. v. 2 m), za zaledno zmerno sredozemsko pa Godnje pri Tomaju (n. v. 320 m). Tendence zmerno celinskega podnebja severovzhodne Slovenije smo ugotavljali s pomočjo Murske Sobote (n. v. 187 m), za zmerno celinsko podnebje vzhodne Slovenije smo uporabili podatke za Celje (n. v. 244 m), za jugovzhodno Slovenijo Črnomelj (n. v. 157 m) in za osrednjo Slovenijo Letališče Jožeta Pučnika na Brniku (n. v. 362 m). Spreminjanje podnebja višjega gorskega sveta smo ugotavljali s pomočjo Kredarice (n. v. 2514 m) in nižjega gorskega sveta s podatki za Rateče (n. v. 864 m). Za zelo vlažno podgorsko podnebje smo analizirali podatke za Vojsko (n. v. 1067 m), za vlažno podgorsko podnebje pa podatke za Lisco (n. v. 947 m).

Tendence spreminjanja podnebja po posameznih podnebnih tipih smo ugotavljali z izračunavanjem razlik povprečnih mesečnih, sezonskih in letnih temperatur ter višine padavin v 30-letnem obdobju 1991–2020 v primerjavi s klimatološkim obdobjem 1961–1990. Podatke za obdobje 1991–2020 smo dobili neposredno iz Arhiva ARSO (2021), za obdobje 1961–1990 pa v publikaciji Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011 (Vertačnik, Bertalanič, 2017). Arhivirane podatke meteoroloških postaj so na ARSO kontrolirali in odstranili umetne vplive na časovne nize ter jih homogenizirali. Spremembo temperature zraka smo izrazili v absolutnih vrednostih ( $^{\circ}\text{C}$ ), spremembo višine padavin pa v relativnih vrednostih (v %).

V slovenskih pokrajinah z **gorskim podnebjem** je v obdobju 1991–2020 opazen, razen jeseni, izrazit dvig temperature zraka v vseh letnih časih (preglednica 3.9). Najbolj so se segreli poletni meseci (od  $1,3$  do  $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), nekoliko manj pomladni ( $1,1$  do



1,4 °C). Zime so na Kredarici (podnebje višjega gorskega sveta) toplejše od obdobja 1961–1990 za 0,7 °C, v Ratečah (nižji gorski svet) pa za 1,1 °C. Najmanj so se segrele jeseni, na Kredarici za 0,2 °C in v Ratečah za 0,5 °C. Povprečne letne temperature so v predelih Slovenije z gorskim podnebjem v zadnjih treh desetletjih višje od 0,7 do dobre stopinje v primerjavi z obdobjem 1961–1990.

Iz analize spreminjanja temperature zraka na Gorenjskem v obdobju 1961–2010 (Klemenčič in sod., 2013), ki je zajela pet meteoroloških postaj z različno lego, izhaja, da so trendi segrevanja izrazitejši pri nižje ležečih postajah (1,5 do 2 K/30 let za povprečne dnevne temperature), pri višje ležečih pa med 0,7 in 1,5 K/30 let. Prav tako je znano, da dolinsko-kotlinska lega s pogostimi temperaturnimi obrati zavira segrevanje.

Spreminjanje višine padavin ni tako izrazito kot spreminjanje temperature zraka. Opazna je tendenca naraščanja padavin v jeseni (9 %, Kredarica; 19 %, Rateče) in zniževanja predvsem spomladi (preglednica 3.9). Letna višina padavin ne kaže večjih sprememb. Manj padavin v hladni polovici leta za gorski svet, tudi zaradi vse višjih temperatur, pomeni manj snežnih padavin in kratkotrajnejšo snežno odejo ter povečevanje težav v smučarskem turizmu. Po ugotovitvah Ogrin M. in sod. (2011b) to velja predvsem za nižje predele gorskega sveta, medtem ko v višjih predelih, če sklepamo po podatkih za Kredarico (2514 m n. v.), otoplitev na snežno odejo za zdaj nima večjega vpliva. V obdobju 1979–2008 se je število dni s snežno odejo v Ratečah (864 m n. v.) zmanjšalo s trendom 12 dni/30 let. Še izrazitejše je zmanjšanje števila dni z debelejšo snežno odejo. Število dni s snežno odejo nad 30 cm se je v Ratečah zmanjševalo s trendom 40 dni/30 let in na Planini pod Golico (970 m n. v.) s trendom 31 dni/30 let. Kredarica ima rahel pozitiven trend (Ogrin M. in sod., 2011b).

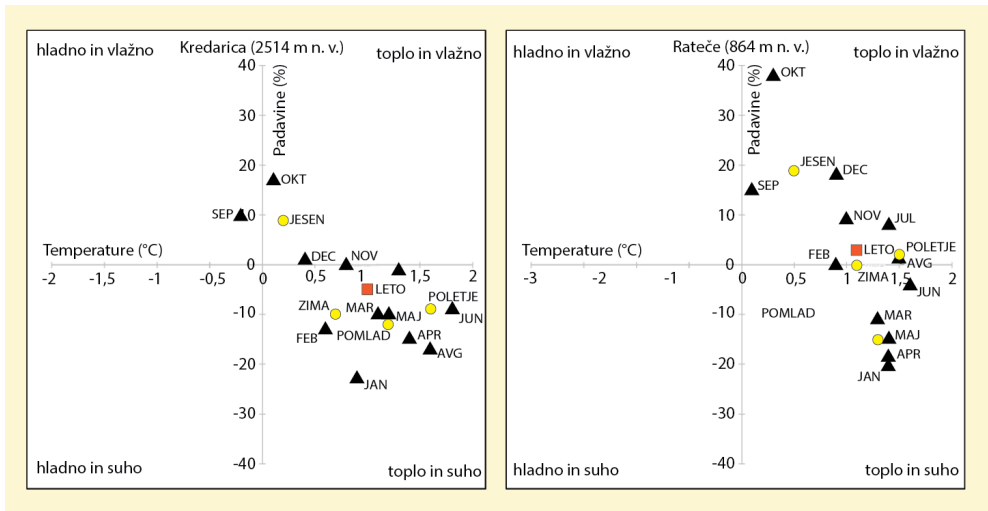
Zelo vlažna in vlažna različica **podgorskega podnebja** imata podobne tendence spreminjanja podnebnih razmer. Najbolj so se v obdobju 1991–2020 v primerjavi z 1961–1990 segrele poletja (Lisca, 2,0 °C; Vojsko, 1,9 °C) in pomladi, najmanj pa jeseni (preglednica 3.10). Povprečne letne temperature so bile v zadnjih 30 letih v povprečju za stopinjo do stopinjo in pol višje kot v predhodnem obdobju. Če izhajamo iz podatkov za Lisco, so se jesenske padavine v zadnjih 30 letih pri vlažni različici podgorskega podnebja bolj okrepile kot pri zelo vlažni različici, ki obsega višje, osrednje in bolj namočene predele alpsko-dinarske pregrade. Podobno ugotovitev lahko izpeljemo tudi pri primerjavi podnebja nižjega gorskega sveta s podnebjem višjega gorskega sveta. Pri obeh različicah podgorskega podnebja je opazno zmanjševanje količine padavin spomladi in poleti, letna količina padavin pa ostaja na podobni ravni kot v obdobju 1961–1990.

Preglednica 3.9: Gorsko podnebje – odklon temperature zraka ( $T$ , v °C) in višine padavin ( $P$ , v %) v obdobju 1991–2020 v primerjavi s povprečjem 1961–1990.

Podnebje višjega gorskega sveta – Kredarica (2514 m n. v.)																	
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	pom	pol	jes	zim	leto
T	0,9	0,6	1,1	1,4	1,2	<b>1,8</b>	1,3	1,6	-0,2	0,1	0,8	0,4	1,2	<b>1,6</b>	0,2	0,7	1,0
P	<b>-23</b>	-13	-10	-15	-10	-9	-1	-17	10	<b>17</b>	0,0	1	<b>-12</b>	-9	<b>9</b>	-10	-5
Podnebje nižjega gorskega sveta – Rateče (864 m n. v.)																	
T	1,4	0,9	1,3	1,4	1,4	<b>1,6</b>	1,4	1,5	0,1	0,3	1,0	0,9	1,3	<b>1,5</b>	0,5	1,1	1,1
P	<b>-20</b>	0,0	-11	-19	-15	-4	8	1	15	<b>38</b>	9	18	<b>-15</b>	2	<b>19</b>	0,0	3



Slika 3.8: Odklon temperature zraka ( $v$  °C) in višine padavin ( $v$  %) v obdobju 1991–2020 od povprečja obdobja 1961–1990 za Kredarico (podnebje višjega gorskega sveta) in Rateče (podnebje nižjega gorskega sveta).

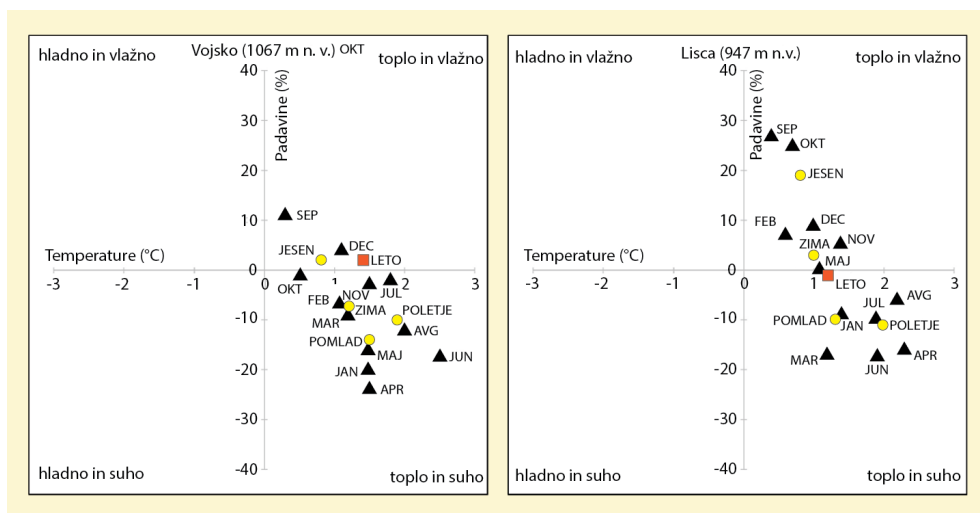


Preglednica 3.10: Podgorsko podnebje – odklon temperature zraka ( $T$ ,  $v$  °C) in višine padavin ( $P$ ,  $v$  %) v obdobju 1991–2020 v primerjavi s povprečjem 1961–1990.

Zelo vlažno podgorsko podnebje – Vojsko (1067 m n. v.)																	
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	pom	pol	jes	zim	leto
T	1,5	1,1	1,2	1,5	1,5	<b>2,5</b>	1,8	2,0	0,3	0,5	1,5	1,1	1,5	<b>1,9</b>	0,8	1,2	1,4
P	<b>-20</b>	-7	-9	-24	-16	-17	-2	-12	<b>11</b>	-1	-3	4	<b>-14</b>	-10	<b>2</b>	-7	2
Vlažno podgorsko podnebje – Lisca (947 m n. v.)																	
T	1,4	0,6	1,2	2,3	1,1	1,9	1,9	<b>2,2</b>	0,4	0,7	1,4	1,0	1,3	<b>2,0</b>	0,8	1,0	1,2
P	-9	7	-17	-16	0,0	<b>-17</b>	-10	-6	<b>27</b>	25	5	9	-10	<b>-11</b>	<b>19</b>	3	-1

Povzamemo lahko, da podnebji gorskega in podgorskega sveta postajata vse toplejši, še najmanj v jeseni. Posledica tega je, da je v zadnjem obdobju v sredogorju za slaba dva in v visokogorju za poltretji teden manj mrzlih dni, več je vročih dni. Ti so v alpskih dolinah v zadnjem času postali vsakoleten pojav, medtem ko so pred 30 leti zabeležili le kak vroč dan v 10 letih (Klemenčič in sod., 2013). Jeseni postajajo bolj namočene, spomladi je padavin manj, poleti in pozimi spremembe ne kažejo enotne tendence. Posledica vse višjih zimskih temperatur je, da se območje s podnebjem nižjega gorskega sveta zmanjšuje na račun podgorskega podnebja, v primeru Mežiške in Mislinjske doline tudi zmerno celinskega podnebja. Po podatkih za obdobje 1961–1990 sta Mežiška in Mislinjska dolina sodili k podnebjem nižjega gorskega sveta, saj sta imeli povprečno temperaturo najhladnejšega meseca pod  $-3$  °C (Ogrin D., 1996). Po členitvi za obdobje 1991–2020, izdelani po enaki metodologiji, pa imata zaradi višjih temperatur, povprečne letne temperaturne amplitude, ki presega  $20$  °C, in celinskih potez padavinskega režima zmerno celinsko podnebje severovzhodne Slovenije (Ogrin D. in sod., 2023).

Slika 3.9: Odklon temperature zraka (v °C) in višine padavin (v %) v obdobju 1991–2020 od povprečja obdobja 1961–1990 za Vojsko (zelo vlažno podgorsko podnebje) in Lisca (vlažno podgorsko podnebje).



V predelih Slovenije z **zmerno celinskim podnebjem** so bili vsi meseci in letni časi v obdobju 1991–2020 toplejši od obdobja 1961–1990. Najbolj so se temperature povišale v poletnih mesecih (od 1,7 do 1,8 °C), najmanj pa jeseni (od 0,7 do 1,2 °C) (preglednica 3.11). Zelo so se segrela poletja v nižje ležečih predelih Obpanonskih pokrajin. Linearni trend poletnih temperatur za obdobje 1961–2011 npr. za Velike Dolence znaša +2,2 °C/50 let, za Zgornjo Ščavnico +2,3 °C/50 let, za Mursko Soboto +2,4 °C/50 let, za Novo mesto, Rogaško Slatino in Starše na Dravskem polju pa +0,6 °C/50 let (Vertačnik in sod., 2013, str. 23). Za 2 °C ali več se je v Murski Soboti (zmerno celinsko podnebje severovzhodne Slovenije) segrel januar, v Črnomlju (zmerno celinsko podnebje jugovzhodne Slovenije) januar, junij in september ter na Letališču Jožeta Pučnika na Brniku (zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije) junij. Povprečne letne temperature so višje od 1,2 do 1,6 °C.

Letna višina padavin v celinskih predelih Slovenije v obdobju 1991–2020 kaže rahlo, vendar neznačilno tendenco zniževanja v primerjavi z 1961–1990 (preglednica 3.11). Rahlo narašča le intenzivnost nalivov, zmanjšuje pa se število dni z meglo in nizko oblačnostjo ter s sneženjem. Večje spremembe so pri padavinskem režimu. Opazno je zmanjševanje višine padavin poleti (za 7 do 16 %), pa tudi spomladi, in naraščanje v jeseni, predvsem na območjih z zmerno celinskim podnebjem na vzhodu države (12 do 16 %). To pomeni, da poletni in jesenski višek padavin proti vzhodu Slovenije postajata izenačena. Naraščanje jesenskih in zmanjševanje poletnih padavin nakazujeta, da padavinskemu režimu na vzhodu in severovzhodu Slovenije slabijo dosedanje celinske značilnosti in se krepijo zmerno sredozemske poteze.

Na premikanje območja z zmerno sredozemskim padavinskim režimom proti vzhodu in severovzhodu Slovenije kaže tudi indeks mediteranskosti padavin (Koppány,

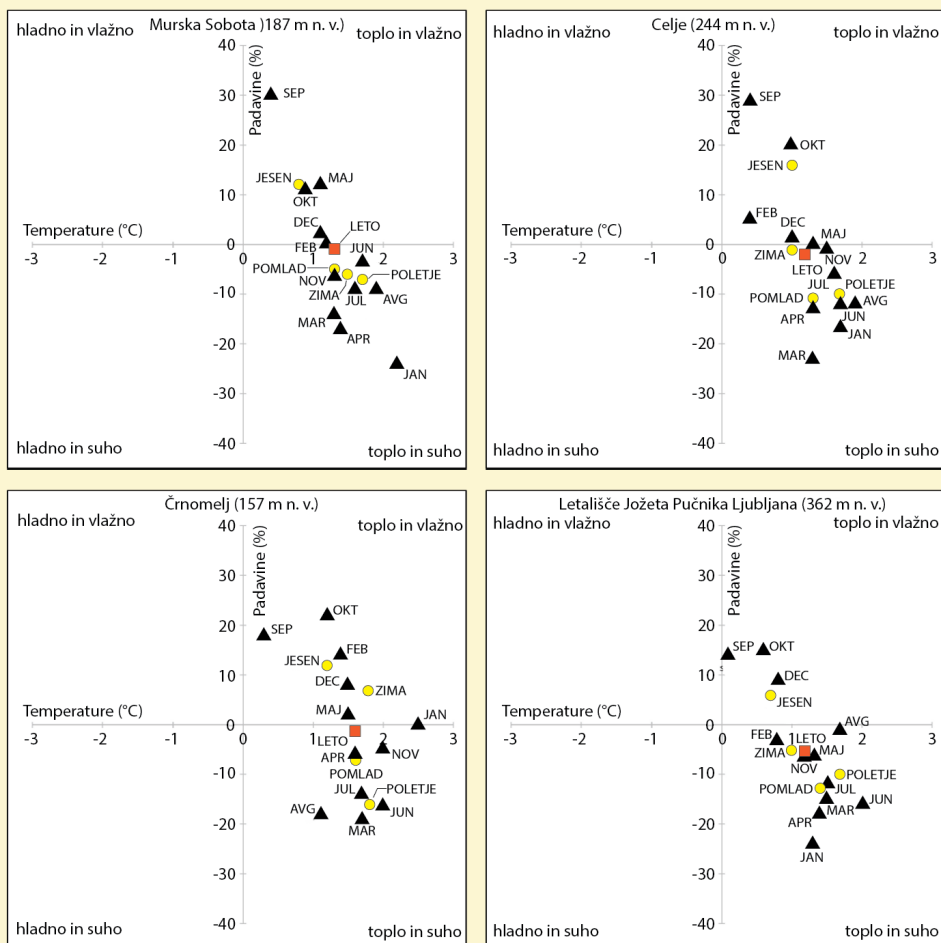
Unger, 1992), ki primerja viška padavin pri zmerno sredozemskem in zmerno celinskem padavinskem režimu. Indeksi so se za večino postaj v vzhodnem delu Slovenije v obdobju 1991–2020 v primerjavi z obdobjem 1961–1990 pomaknili v smeri pozitivnih vrednosti oziroma so postali pozitivni. Pozitivne vrednosti pomenijo sredozemske poteze padavinskega režima. Zaradi tega se tudi meja med zmerno sredozemskim in zmerno celinskim režimom v zadnjem času postopoma pomika iz osrednje Slovenije proti severovzhodu države. Po podatkih za obdobje 1961–1990 je potekala od Solčavskega prek Ljubljane in Suhe krajine do Gorjancev (Ogrin D., 1996), v obdobju 1991–2020 pa se je pomaknila približno na črto Peca–Celjska kotlina–Boč–Haloze. Analiza dostopnih podatkov kaže, da je meja med padavinskima režimoma v Sloveniji manj stabilna od temperaturnega režima (čeprav se tudi ta v zadnjih desetletjih spreminja) in se od obdobja do obdobja spreminja. Danes je približno tam, kjer je bila v prvi polovici 20. stoletja.

Preglednica 3.11: Zmerno celinsko podnebje – odklon temperature zraka ( $T$ , v °C) in višine padavin ( $P$ , v %) v obdobju 1991–2020 v primerjavi s povprečjem 1961–1990.

Zmerno celinsko podnebje severovzhodne Slovenije – Murska Sobota (187 m n. v.)																	
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	pom	pol	jes	zim	leto
T	<b>2,2</b>	1,2	1,3	1,4	1,1	1,6	1,6	1,9	0,4	0,9	1,3	1,1	1,3	<b>1,7</b>	0,8	1,5	1,3
P	<b>-24</b>	0,0	-14	-17	12	-3	-9	-9	<b>30</b>	11	-6	2	-5	<b>-7</b>	<b>12</b>	-6	-1
Zmerno celinsko podnebje vzhodne Slovenije – Celje (244 m n. v.)																	
T	1,7	0,4	1,3	1,3	1,3	1,7	1,6	<b>1,9</b>	0,4	1,0	1,5	1,0	1,3	<b>1,7</b>	1,0	1,0	1,2
P	-16	5	<b>-23</b>	-13	0,0	-12	-6	-12	<b>29</b>	20	-1	1	<b>-11</b>	-10	<b>16</b>	-1	-2
Zmerno celinsko podnebje jugovzhodne Slovenije – Črnomelj (157 m n. v.)																	
T	<b>2,5</b>	1,4	1,7	1,6	1,5	2,0	1,7	1,1	0,3	1,2	2,0	1,5	1,6	<b>1,8</b>	1,2	1,8	1,6
P	0,0	14	<b>-19</b>	-6	2	-16	-14	-18	18	<b>22</b>	-4	8	-7	<b>-16</b>	<b>12</b>	7	-1
Zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije – Letališče Jožeta Pučnika Ljubljana (362 m n. v.)																	
T	1,3	0,8	1,5	1,4	1,3	<b>2,0</b>	1,5	1,7	0,1	0,6	1,2	0,8	1,4	<b>1,7</b>	0,7	1,0	1,2
P	<b>-24</b>	-3	-15	-18	-6	-16	-12	-1	14	<b>15</b>	-6	9	<b>-13</b>	-10	<b>6</b>	-5	-5

Za predele Slovenije z zmerno celinskim podnebjem, posebej na vzhodu in severovzhodu, sta za zadnja desetletja značilna znaten dvig januarskih temperatur (postale so pozitivne) in krepitev sredozemskih potez padavinskega režima zaradi povečevanja višine jesenskih ter zmanjševanja poletnih in deloma tudi pomladnih padavin. Ob nadaljevanju teh tendenc bo postajalo tudi zmerno celinsko podnebje pri nas vedno bolj toplo in suho, jeseni pa toplo in vlažno. Višanje poletnih temperatur ter manj padavin spomladi in poleti (ko jih kljub poletnemu višku na vzhodu države pade količinsko razmeroma malo) utegne zaradi večje evapotranspiracije povečati vodni stres in ogroženost zaradi suše. Poudariti pa velja, da so zlasti padavinski trendi za zdaj še neznačilni, da je variabilnost padavin pri nas zelo velika in da lahko že desetletje z drugačnimi trendi spremeni razmišljanja o bodočem podnebjem.

Slika 3.10: Odklon temperature zraka (v °C) in višine padavin (v %) v obdobju 1991–2010 od povprečja 1961–1990 za meteorološke postaje z zmerno celinskim podnebjem.



V predelih Slovenije z **zmerno sredozemskim podnebjem** se v zadnjih treh desetletjih segrevajo vsi letni časi, najbolj poletja, ki so od povprečnih v obdobju 1961–1990 toplejša za 1,6 do 1,2 °C. Opazno je, da se bolj intenzivno kot obalni predeli ob Tržaškem zalivu, kjer morje zadržuje pretirano segrevanje, segrevajo predeli z zalednim zmerno sredozemskim podnebjem. Od poletnih mesecev se je ob obali najbolj segrelo junija in avgusta (za 1,7 °C), v zaledju pa julija in avgusta (za 2,2 oziroma 2,5 °C). Leta kot celota so ob obali v obdobju 1991–2020 toplejša za 1,2 °C od poletij 1961–1990, v zaledju pa za okoli 1,6 °C. Najmanjši trend segrevanja je jeseni, še posebej ob obali, kjer so bile jeseni v obdobju 1991–2020 toplejše od jeseni 1961–1990 le za 0,7 °C (preglednica 3.12). Vedno višje temperature se v obsredozemskih pokrajinah kažejo v daljši rastni sezoni in zgodnejšem nastopu fenofaz pri rastlinstvu.

Spomladanski razvoj rastlin se v zadnjem desetletju začne do šest dni prej kakor v petdesetih letih 20. stoletja.

Posledica manjšega dviga temperature zraka pri obalnem zmerno sredozemskem podnebjju je, da se ob morju, drugače od preostalih nižinskih predelov Slovenije, ni izrazito povečala pogostost toplih (maksimalne temperature nad 25 °C) in vročih dni (maksimalne temperature nad 30 °C). V Ljubljani, kjer je treba upoštevati tudi učinek mestnega toplotnega otoka, se je število vročih dni v obdobju 1991–2000 v primerjavi z obdobjem 1961–1970 povečalo za več kot 200 % (Vysoudil, Jurek, 2005). Se je pa zato občutno zmanjšala pogostost hladnih (minimalne temperature pod 0 °C) in ledenih dni (maksimalne temperature pod 0 °C), kar je zelo ugodno z vidika človekovega počutja. K temu med drugim zelo prispeva trajanje Sončevega obsevanja, ki ne narašča samo pozimi, ampak tudi spomladi in poleti, manj sonca je le jeseni.

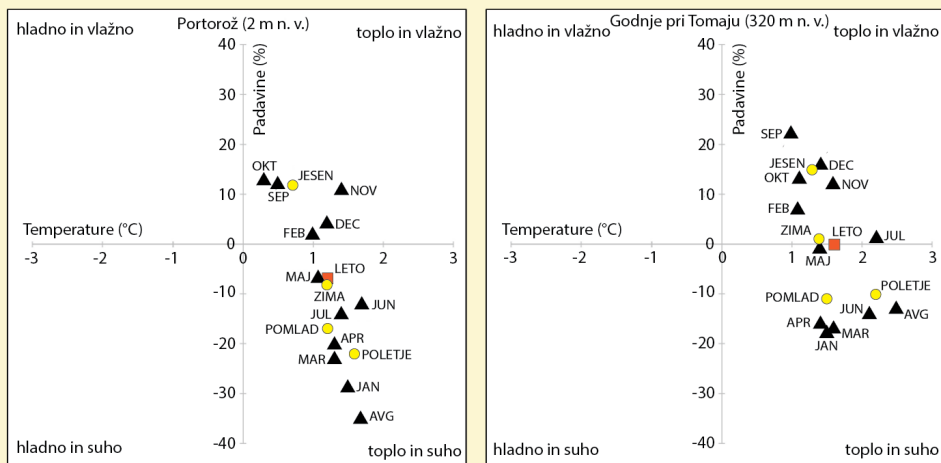
Manj sonca jeseni je tudi posledica dejstva, da trend jesenskih padavin v zadnjih 30 letih kaže na njihovo naraščanje, z več padavinami pa je povezana tudi povečana oblačnost. Višina jesenskih padavin se je v obdobju 1991–2020 v primerjavi s 30-letjem 1961–1990 povečala za 12 oziroma 15 %. V drugih letnih časih je padavin vse manj. Ob obali je zmanjšanje največje poleti (za 22 %), posebej avgusta (za dobro tretjino), v zaledju pa je zmanjšanje količine padavin spomladi in poleti približno enako kot jeseni in pozimi (preglednica 3.12). Zmanjševanje padavin v topli polovici leta, s hkratnim naraščanjem temperature zraka, prispeva k večjemu izhlapevanju in stopnjevanju sušne ogroženosti.

*Preglednica 3.12: Zmerno sredozemsko podnebje – odklon temperature zraka ( $T$ , v °C) in višine padavin ( $P$ , v %) v obdobju 1991–2010 v primerjavi s povprečjem 1961–1990.*

Obalno zmerno sredozemsko podnebje – Portorož (2 m n. v.)																	
	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	pom	pol	jes	zim	leto
T	1,5	1,0	1,3	1,3	1,1	<b>1,7</b>	1,4	<b>1,7</b>	0,5	0,3	1,4	1,2	1,2	<b>1,6</b>	0,7	1,2	1,2
P	-29	2	-23	-20	-7	-12	-14	<b>-35</b>	12	<b>13</b>	11	4	-17	<b>-22</b>	<b>12</b>	-8	-7
Zaledno zmerno sredozemsko podnebje – Godnje pri Tomaju (320 m n. v.)																	
T	1,5	1,1	1,6	1,4	1,4	2,1	2,2	<b>2,5</b>	1,0	1,1	1,6	1,4	1,5	<b>2,2</b>	1,3	1,4	1,6
P	-18	7	<b>-17</b>	-16	-1	-14	1	-13	<b>22</b>	13	12	16	<b>-11</b>	-10	<b>15</b>	1	0,0

Postopno višanje temperatur v vseh letnih časih in trajanja Sončevega obsevanja ter zmanjševanje količine padavin s sočasno krepitvijo jesenskih padavin napeljujejo na tezo, da se v vplivnem območju Tržaškega zaliva krepijo sredozemske podnebne značilnosti. Zime, pomladi in poletja postajajo vedno bolj tople in suhe, jeseni pa toplejše in vlažnejše.

Slika 3.11: Odklon temperature zraka ( $v^{\circ}\text{C}$ ) in višine padavin ( $v\%$ ) v obdobju 1991–2010 od povprečja 1961–1990 za meteorološki postaji Portorož in Godnje pri Tomaju z zmerno sredozemskim podnebjem.



Osnovna značilnost tendenc spreminjanja podnebja v zadnjih desetletjih v Sloveniji je, da postaja podnebje vse toplejše v vseh podnebnih tipih. Posebej intenzivno se segrevajo poletja v nižje ležečih predelih. Manj intenzivno je segrevanje predelov Slovenije, ki so pod večjim vplivom morja in visokogorja. Spreminjanje padavinskih razmer je manj očitno. Še najbolj izstopa krepitev jesenskih padavin na račun padavin v topli polovici leta ter s tem krepitev in širitev jesenskega viška padavin proti vzhodu in severovzhodu države. V obdobju 1970–2000 je imela zmerno celinske poteze padavinskega režima z viškom poleti Slovenija vzhodno od črte Solčavsko–vzhod Ljubljanske kotline–Suha krajina–Gorjanci. Po podatkih za obdobje 1991–2020 pa so celinske poteze padavinskega režima omejene le na Slovenijo severovzhodno od črte Peca–Celjska kotlina–Boč–Haloze. Segrevanje ozračja je povzročilo zmanjšanje obsega območja z gorskim podnebjem, okrepitev celinskega značaja temperaturnega režima po nižinah v osrednji, vzhodni in severovzhodni Sloveniji zaradi povečanja temperaturne amplitude med najtoplejšim in najhladnejšim mesecem ter razširitev območja z obalnim zmerno sredozemskim podnebjem na Primorskem v zaledje Tržaškega zaliva. Če strnemo: podnebje Slovenije se vse bolj spreminja v smeri toplejšega in nekoliko bolj suhega, le jeseni postajajo toplejše in vlažnejše.



## Viri in literatura

- Arhiv ARSO [Agencija RS za okolje]. Arhiv homogeniziranih podatkov za slovenske meteorološke postaje. URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/diagrams/time-series/> (citirano 15. 5. 2015).
- Auer, E., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, C., Briffa, K., Jones, P., Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Mestre, O., Moisselin, J. M., Begert, M., Müller-Westmeier, G., Kveton, V., Bochnicek, O., Stasntny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajič-Čapka, M., Zaninović, K., Majstorović, Z., Nieplova, E., 2007. HISTALP-historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27, 1, str. 17–46. DOI: 10.1002/joc.1377.
- Beniston, M., Tol, R. S. J., Delécolle, R., Hoerman, G., Iglesias, A., Innes, J., Michael, A. J., Martens, W. J. M., Nemesova, I., Nicholls, R., Toth, F. L., Kovats, S., Leemans, R., Stojic, Z., 1998. Regional impacts of climatic change on Europe. V: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, str. 149–185.
- Bertalančič, R., Demšar, M., Dolinar, M., Dvoršek, D., Nadbath, M., Pavčič, B., Roethel-Kovač, M., Vertačnik, G., Vičar, Z., 2010. Spremenljivost podnebja v Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Böhm, R., Auer, I., Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., Schöner, W., 2001. Regional temperature variability in the European Alps: 1760–1998 from homogenized instrumental time series. *International Journal of Climatology*, 21, str. 1779–1801. DOI: 10.1002/joc.689.
- Brunetti, M., Lentini, G., Maugeri, N., Nanni, T., Auer, I., Böhm, R., Schöner, W., 2009. Climate variability and change in the Greater Alpine Region over the last two centuries based on multi-variable analysis. *International Journal of Climatology*, 29, 15, str. 2197–2225. DOI: 10.1002/joc.1857.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F., Nanni, T., 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *International Journal of Climatology*, 26, 3, str. 345–381. DOI: 10.1002/joc.1251.
- Cocheo, C., Camuffo, D., 2002. Corrections of systematic errors and data homogenisation in the daily temperature Padova series (1725–1998). *Climate Change*, 53, str. 77–100.
- Colucci, R. R., Guglielmin, M., 2014. Precipitation-temperature changes and evolution of a small glacier in the southeastern European Alps during the last 90 years. *International Journal of Climatology*, 35, 10, str. 2783–2797. DOI: 10.1002/joc.4172.
- Črepinšek, Z., Zrnec, C., 2005. Petinpetdeset let fenoloških opazovanj v Sloveniji, 1951–2005. *Acta Agriculturae Slovenica*, 85, 2, str. 283–297.

- Dolinar, M., Vertačnik, G., 2010. Spremenljivost temperaturnih in padavinskih razmer v Sloveniji. V: Cegnar, T. (ur.). *Okolje se spreminja – Podnebna spreminljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, str. 37–40.
- Gabrovec, M., Hrvatina, M., Komac, B., Ortar, J., Pavšek, M., Topole, M., Triglav Čekada, M., Zorn, M., 2014. Vremenske razmere na Triglavskem ledeniku. V: Kladnik, D., Perko, D. (ur.). *Triglavski ledenik*. Ljubljana: Založba ZRC, ZRC SAZU.
- Gajić-Čapka, M., 2006. Trends in indices of precipitation extremes in Croatia, 1901–2004. Sixth European Conference on Applied Climatology (ECAC), Ljubljana, Slovenia, 4–8 September 2006, Abstracts, A–00471.
- Gams, I., Krevs, M., 1990. Ali nam grozi poslabšanje vremena? *Ujma*, 4, str. 147–154.
- Goldberg, J., 1953. Prilozi istraživanju klimatskih fluktuacija u Jugoslaviji. *Radovi Geofizičkog instituta u Zagrebu*, 3, 2, str. 27.
- Herak, D., Penzar, B., Herak, M., 2011. Ljetopis Geofizičkog zavoda. V: Orlić, M. (ur.). *Nulla dies sine observatione, 150 godina Geofizičkog zavoda u Zagrebu*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geofizički odsjek, str. 9–32.
- HISTALP, historical instrumental climatological surface time series of the greater alpine region. URL: [www.zamg.ac.at/histalp/](http://www.zamg.ac.at/histalp/) (citirano 2. 2. 2015).
- Jesenko, J., 1874. *Prirodnoznanški zemljepis*. Ljubljana: Matica Slovenska.
- Juras, J., 1985. Neke karakteristike promjene klime Zagreba u posljednjem tridesetljeću. *Geofizika*, 2, str. 93–102.
- Kajfež-Bogataj, L., 1990. Analiza zimskih temperatur zraka v Ljubljani. *Zbornik Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani*, 55, str. 7–14.
- Kajfež-Bogataj, L., 1992. Vpliv pričakovanih klimatskih sprememb na živi svet. *Geografija v šoli*, 2, str. 47–55.
- Katušić, Z., 2011. Sustavna mreža meteoroloških postaja na području Hrvatske od prvih početaka 1851 do 2011 (Kretanje broja meteoroloških postaja u odnosu na povjesne i organizacione promjene). *Prikazi br. 22*. Zagreb: Državni hidrometeorološki zavod Republike Hrvatske.
- Klemenčič, M., Marolt, N., Ogrin, M., Popovič, E., 2013. Spreminjanje temperatura na Gorenjskem v obdobju 1961–2010. *Dela*, 40, str. 73–89. DOI: 10.4312/dela.40.5.73-89.
- Koppany, G., Unger, J., 1992. Mediterranean Climatic Character in the Annual March of Precipitation. *Acta Climatologica*, 24, 26, str. 59–71.
- Krevs, M., 1986. Spremenljivost klime v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–1985. *Seminarska naloga*. Ljubljana: Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani.
- Manohin, V., 1952. Kratak pregled temperatura in padavin v Ljubljani v stoletni opazovalni dobi 1851–1950. *Geografski vestnik*, 17, str. 135–144.

- Manohin, V., 1965. Nekatere značilnosti zimskih temperatur v Ljubljani v zadnjih 115 letih. *Razprave-Papers*, 6, str. 5–18.
- Ogrin, D., 1994. Modern age climatic fluctuation in the area of the Gulf of Trieste. *Geografski zbornik*, 34, str. 5–80.
- Ogrin, D., 1995. *Podnebje Slovenske Istre*. Koper: Annales.
- Ogrin, D., 1996. Podnebni tipi v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 68, str. 39–56.
- Ogrin, D., 2003. Spreminjanje temperature zraka in padavin po letnih časih v Ljubljani in Trstu v obdobju 1851–2002. *Dela*, 20, str. 115–131.
- Ogrin, D., 2007. Olive growing in Slovenian Istria and climatic limitations to its development. *Moravian Geographical Report*, 15, 3, str. 34–40.
- Ogrin, D., 2012. Spreminjanje podnebja ob Tržaškem zalivu in projekcije za 21. stoletje. V: Ogrin, D. (ur.). *Geografija stika Slovenske Istre in Tržaškega zaliva*. GeograFF 12. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, str. 87–105.
- Ogrin, D., 2015. Long-term air temperature changes in Ljubljana (Slovenia) in comparison to Trieste (Italy) and Zagreb (Croatia). *Moravian Geographical Reports*, 23, 3, str. 17–26. DOI: 10.1515/mgr-2015-0014.
- Ogrin, D., Plut, D., 2009. *Aplikativna fizična geografija Slovenije*. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani.
- Ogrin, D., Repe, B., Svetlin, D., Štanut, L., Ogrin, M., 2023. Podnebna tipizacija Slovenije po podatkih za obdobje 1991–2020. *Dela*, 59 (v tisku).
- Ogrin, M., Ogrin, D., Močnik, M., Smolej, A., Vengar, R., 2011a. Prihodnost zimskega turizma na Planini pod Golico v luči globalnega segrevanja. *Dela*, 36, str. 5–23.
- Ogrin, M., Ogrin, D., Rodman, N., Močnik, M., Smolej, A., Vengar, R., Bunčič, G., 2011b: Climate change and the future of winter tourism in Slovenia. *Hrvatski geografski glasnik*, 73, 1, str. 215–228.
- Penzar, I., Juras, J., Marki, A., 1992a. Long-term meteorological measurements at Zagreb: 1862–1990. Zagreb: Adrijana Mohorovičić Geophysical Institute.
- Penzar, I., Juras, J., Marki, A., 1992b. Brief review of climatic fluctuations recorded in Zagreb between 1862 and 1990. *Geofizika*, 9, str. 57–67.
- Polli, S., 1944. 100 anni di osservazioni meteorologiche eseguite a Trieste (1841–1940). Parte I: generalita e serie termometriche, *Bol. Soc. Adriatica di scienze Naturali*, 40, str. 5–40.
- Polli, S., 1946. 100 anni di osservazioni meteorologiche eseguite a Trieste (1841–1940). Parte II: Le serie pluviometriche, *Bol. Soc. Adriatica di scienze Naturali*, 42, str. 5–23.
- Radić, V., Pasarić, N., Šinik, N., 2004. Analiza zagrebačkih klimatoloških nizova pomoću empirijski odredjenih prirodnih sastavnih funkcija. *Geofizika*, 21, 1, str. 15–36.

- Sen, A. K., Ogrin, D., 2015. Analysis of monthly, winter, and annual temperatures in Zagreb, Croatia, from 1864 to 2010: the 7.7-year cycle and the North Atlantic Oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*, 123, str. 1–7. DOI: 10.1007/s00704-015-1388-z.
- Stravisi, F., 1976. Considerazioni statistiche sui valori medi mensili di cinque elementi meteorologici, Trieste 1841–1975. Pubblicazione No. 529. Trieste: Istituto Sperimentale Talassografico »F. Vercelli«.
- Stravisi, F., 1987. Climatic variations at Trieste during last century. *Geofizika*, 4, str. 61–76.
- Šegota, T., 1970. Sekularne fluktuacije temperature u Zagrebu. *Geografski glasnik*, 32, str. 39–60.
- Šegota, T., 1981. More About the Secular Fluctuations of Air Temperature in Zagreb, Croatia. *Quaestiones Geographicae*, 7, str. 147–154.
- Trontelj, M., 1997. Kronika izrednih vremenskih dogodkov 20. stoletja. Ljubljana: Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije.
- Trontelj, M., 2000. 150 let meteorologijena Slovenskem. Ljubljana: Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije.
- Vertačnik, G., Bertalanič, R., 2017. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. 3. zvezek: Značilnosti podnebja v Sloveniji. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Vertačnik, G., Bertalanič, R., Draksler, A., Dolinar, M., Vlahović, Ž., Frantar, P., 2018. Podnebna spremenljivost Slovenije v obdobju 1961–2011. Povzetek. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Vertačnik, G., Dolinar, M., Bertalanič, R., Klančar, M., Dvoršek, D., Nadbath, M., 2013. Podnebna spremenljivost Slovenije, Glavne značilnosti gibanja temperature zraka v obdobju 1961–2011. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Vysoudil, M., Jurek, M., 2005. Summer air temperatures in Ljubljana (Slovenia) and Olomouc (Czech Republic) in the period 1961–2000. *Dela*, 23, str. 245–257.
- Zaninović, K., 2006. Trends in indices of temperature extremes in Croatia, 1901–2004. Sixth European Conference on Applied Climatology (ECAC), Ljubljana, Slovenia, 4–8 September 2006, CD, Abstracts, A-00470.
- Žiberna, I., 2011. Trendi temperatur, višine padavin in vodne bilance v Mariboru v obdobju 1876–2010. *Revija za geografijo* 6, 1, str. 23–31.