

TRENDI TEMPERATUR, VIŠINE PADAVIN IN VODNE BILANCE V MARIBORU V OBDOBJU 1876-2010

Igor Žiberna

Dr., prof. geografije, docent

Oddelek za geografijo

Filozofska fakulteta

Koroška cesta 160, SI - 2000 Maribor, Slovenija

e-mail: igor.ziberna@uni-mb.si

UDK: 551.583

COBISS: 1.01

Izvleček

Trendi temperatur, višine padavin in vodne bilance v Mariboru v obdobju 1876-2010

V članku so prikazani trendi temperatur, padavin, evapotranspiracije in vodne bilance za meteorološko postajo Maribor v obdobju 1876-2010. Analizirane so spremembe mesečnih, sezonskih in letnih povprečij v opazovalnih nizih. Obravnavana je tudi dinamika sprememb trendov v opazovalnem obdobju. Prikazane so povezave med trendi temperatur in Sončevo aktivnostjo.

Ključne besede

Trendi temperatur, trendi višine padavin, trendi vodne bilance, podnebne spremembe, Maribor

Abstract

Temperature, precipitations and water balance trends in Maribor in the period 1876 – 2010

In this article are presented trends of temperature, precipitation, evapotranspiration and water balance for the meteorological station Maribor in the period 1876 – 2010. Analysed are the changes of monthly, seasonal and annual averages in observational sequences. Treated is also dynamics of trend changes in the observational period. Presented are connections between temperature trends and activity of the sun.

Key words

Temperature trends, precipitation trends, water balance trends, climate changes, Maribor

Uredništvo je članek prejelo 1.6.2011

1. Uvod

Spremembe podnebja na lokalni in globalni ravni so splošno priznano dejstvo. Vzroki za podnebne spremembe so različni. Lahko bi jih razdelili v tri večje skupine:

- astronomski vzroki: Osnovni astronomski vzrok za spreminjanje podnebja na Zemlji izvira iz treh Milankovičevih ciklusov: spreminjanja sploščenosti Zemljine orbite (perioda reda velikosti 100 000 let), precesije pomladišča (perioda reda velikosti 22 000 let) in spreminjanja nagnjenosti Zemljine osi (perioda reda velikosti 42 000 let) (Houghton 2009, 86). Med astronomske vzroke sodi tudi spreminjanje aktivnosti Sonca (praviloma z 11 letnim ciklom). Manj redni vzroki izvirajo predvsem iz padcev večjih teles na Zemljo, ki vplivajo na prosojnost Zemljine atmosfere, s tem pa tudi na spremenjeno energijsko bilanco našega planeta.

- atmosferski vzroki: Sestava Zemljine atmosfere se ves čas spreminja. V preteklosti so bili vzroki za spremembe naravni (spremenjeni biogeokemični krogi na Zemlji, nihanja vulkanske aktivnosti). Posledice so spremenjena kemijska zgradba atmosfere, ki vpliva na koeficiente absorbtivnosti in transmitivnosti in s tem na spreminjanje energijske bilance.

- terestrični vzroki: med te sodijo spreminjanje razmerja med kopnim in morjem, spremembe v rabi tal, spremembe v albedu, spremembe morskih tokov in orogeneza.

V zadnjem času govorimo o čedalje intenzivnejšem posegu človeka v biogeokemične kroge na Zemlji, predvsem v kroženje CO₂ (Plut, 2010, 178). Kot posledica povečanih vnosov toplogrednih plinov v ozračje, se njihove koncentracije višajo, kar modificira energijsko bilanco našega planeta. Zaradi povečane absorpcije dolgovalovnega sevanja v atmosferi je namreč komponenta dolgovalovnega protisevanja čedalje večja, kar vpliva na zmanjševanje energijskih izgub atmosfere, posledično pa vodi k segrevanju. Naravnim vzrokom se torej pridružujejo umetni, antropogeni (Houghton 2009).

2. Metodologija

O spremembah posameznih podnebnih parametrov lahko najbolj zanesljivo govorimo v t.i. instrumentalnem obdobju, to je v času, ko meteorološke elemente merimo. V Sloveniji potekajo meritve v okviru meteorološke službe od sredine 19. stoletja naprej. Najstarejša meteorološka postaja je bila locirana v Ljubljani, kjer meritve potekajo od leta 1853 naprej (Povše 1984).

Sorazmerno dolgo merilno obdobje ima tudi meteorološka postaja Maribor, kjer so začeli z meritvami že leta 1864 (Povše 1984), vendar zgodnji podatki žal niso dostopni. Urejeni niz podatkov za meteorološko postajo Maribor obstaja od leta 1876 naprej. Meteorološki podatki za Maribor zaradi spreminjanja lokacij žal niso povsem homogeni (Tabela 1).

Od začetka meritev do časa po 2. svetovni vojni je bila meteorološka postaja Maribor locirana na levem bregu Drave, ob vznožju Mariborskih goric na lokaciji Zavoda za pospeševanje sadjarstva, od leta 1948 do leta 1961 pa je delovala na območju nekdanjega športnega letališča na obrobju mesta ob današnji južni vpadnici v mesto. Leta 1961 so meteorološko postajo preselili za okoli 500 m proti severozahodu. Z rekonstrukcijo značilnosti rabe tal s pomočjo starejših zemljevidov in vojaških aerofotoposnetkov lahko z gotovostjo sklepamo, da se do konca 60. in začetka 70. let 20. stoletja oblika rabe tal ni bistveno spreminjala. Na vseh

obravnavanih lokacijah so se v okolici nahajali travniki, vrtovi in njive. Šele na koncu 60. let so v okolici sedanje lokacije meteorološke postaje začele rasti prve stavbe (gasilski dom, stanovanjski bloki ob Rapočevi ulici in Jadranski cesti, nakupovalna središča in servisne dejavnosti s pripadajočimi asfaltiranimi parkirišči). Tako se tudi na primeru Maribora v zadnjih 50. letih pri analizi podnebnih sprememb ne moremo izogniti vpliva mestnega toplotnega otoka (Žiberna 1996; Žiberna 2006).

Tabela 1: Lokacije meteorološke postaje Maribor med leti 1876 in 2010.

Lokacija	Nadmorska višina (m)	Obdobje delovanja
Zavod za pospeševanje sadjarstva	269	1.1.1876-31.12.1877
Splošna postaja	297	1.1.1882-31.12.1917
Zavod za pospeševanje sadjarstva	269	1.1.1921-31.12.1947
Maribor-Tezno	275	1.1.1948-31.12.1961
Maribor-Tabor	275	1.1.1962-

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, 2011. Povše, 1984.

Analizirali smo trende naslednjih meteoroloških elementov:

- povprečne temperature zraka
- povprečne višine padavin
- povprečne potencialne evapotranspiracije po Thornthwaitu
- vodna bilanca

Podatke o temperaturah, padavinah, evapotranspiraciji in vodni bilanci smo analizirali na nivoju mesecev, leta in sezon, pri čemer smo upoštevali klasično klimatsko tipizacijo sezon (pomlad od 1. marca do 31. maja, poletje od 1. junija do 31. avgusta itd.).

Zaradi omejenega števila merjenih meteoroloških elementov na obeh postajah predvsem do sredine 20. stoletja, smo se pri računanju potencialne evapotranspiracije bili prisiljeni zateči k preprostem Thornthwaitovemu modelu, po katerem se potencialna evapotranspiracija za dani mesec računa po naslednjem obrazcu:

$$PET_m = 1,6 \times \left(100 \times \frac{T_m}{I} \right)^a$$

Pri čemer pomenijo:

T_m – povprečna mesečna temperatura v °C

I – člen, ki ga izračunamo po obrazcu:

$$I = \sum_{m=1}^{12} \left(\frac{T_m}{5} \right)^{1,514}$$

a - člen, ki ga izračunamo kot funkcijo I :

$$a = (6,75 \times 10^{-7} \times I^3) - (7,7 \times 10^{-5} \times I^2) + (1,79 \times 10^{-2} \times I) + 0,49$$

(Linacre 1992).

Vodno bilanco smo privzeli kot razliko med višino padavin in potencialno evapotranspiracijo.

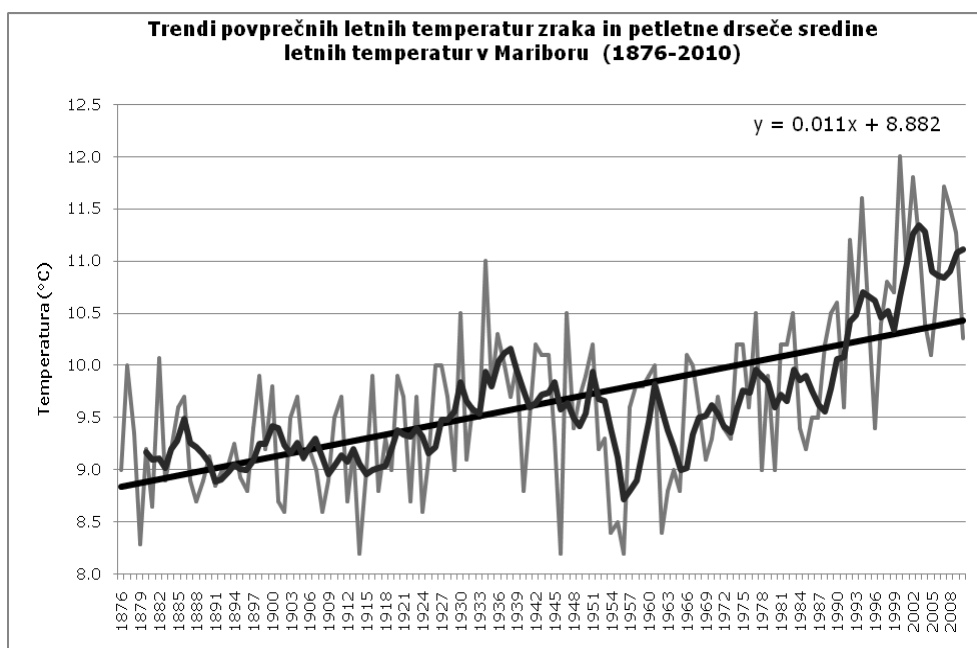
Trende klimatskih parametrov smo prikazali tudi s petletnimi drsečimi sredinami. Zveze med temperaturnimi trendi in aktivnostjo Sonca smo analizirali z uporabo povprečnih mesečnih vrednosti Wolfovega števila. Slednje je merilo aktivnosti Sonca s pomočjo števila peg in števila skupin peg na Soncu. Verificirani podatki o povprečnem mesečnem Wolfovem številu se nahajajo na spletni strani NASE in sicer za obdobje od leta 1749 naprej (<http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>).

3. Trendi temperatur zraka

Začetek merjenja temperatur zraka v Sloveniji sovpada s koncem »male ledene dobe«, obdobja s podpovprečnimi temperaturami zraka, ki se je začelo sredi 16. stoletja (Borroughs 2007, 256).

V Mariboru v obravnavanem obdobju 1876-2010 lahko govorimo o naraščanju povprečnih letnih temperatur in sicer s stopnjo $1,19^{\circ}\text{C}/100$ let. Med sezonami so se najintenzivneje segrevali zima ($1,37^{\circ}\text{C}/100$ let) in pomlad ($1,31^{\circ}\text{C}/100$ let), sledili pa so poletje ($1,11^{\circ}\text{C}/100$ let) in jesen ($0,94^{\circ}\text{C}/100$ let). Med meseci so se najintenzivneje segrevali februar ($1,69^{\circ}\text{C}/100$ let) in januar ($1,68^{\circ}\text{C}/100$ let), za tem pa še maj ($1,46^{\circ}\text{C}/100$ let), november ($1,30^{\circ}\text{C}/100$ let) in april ($1,27^{\circ}\text{C}/100$ let). Tudi v Mariboru lahko zaznamo, da se trendi v zadnjih desetletjih stopnjujejo. Če smo za zadnjih 135 let ugotovili intenzivnost segrevanja povprečnih letnih temperatur s stopnjo $1,19^{\circ}\text{C}/100$ let, pa so ti trendi za obdobje 1911-2010 (100 let) $1,56^{\circ}\text{C}/100$ let, za obdobje 1941-2010 (70 let) $2,61^{\circ}\text{C}/100$ let, za obdobje 1961-2010 (50 let) $4,29^{\circ}\text{C}/100$ let in za obdobje 1981-2010 (30 let) celo $4,91^{\circ}\text{C}/100$ let. Zanimivo je, da so se v zadnjih 30 letih najbolj segreli poletje (trend $6,66^{\circ}\text{C}/100$ let), pomlad (trend $5,94^{\circ}\text{C}/100$ let) in šele nato zima (trend $5,26^{\circ}\text{C}/100$ let). Jesen se je segrela s stopnjo $2,55^{\circ}\text{C}/100$ let.

Oscilacije petletnih drsečih povprečnih letnih temperatur zraka je mogoče zaznati tudi v Mariboru. Viški so se pojavljali v letih 1882, 1896, 1903, 1910, 1916, 1926, 1934, 1941, 1947, 1957, 1969, 1973, 1980, 1990 in 1999. Intervali med vrhunci oscilacij so v Mariboru tako znašali 14 let, 5 let, 7 let, 6 let, 10 let, 8 let, 7 let, 6 let, 10 let, 12 let, 4 leta, 7 let, 10 let in 9 let. V povprečju se torej dolžina oscilacij giblje med 4 in 14 let. V nekaterih epizodah bi lahko govorili tudi o ujemanju med ciklom Sončeve aktivnosti in nihanjem povprečnih temperatur zraka, v večini primerov pa so temperaturna nihanja očitno oblikovali drugi dejavniki. Pearsonov korelacijski koeficient med Petletnimi drsečimi povprečnimi letnimi temperaturami v Mariboru in Wolfovim številom je le 0,2173. V Mariboru je mogoče zaznati razkorak med trendi aktivnosti Sonca in povprečnimi letnimi temperaturami. Delno si to lahko razlagamo s spremenjeno rabo tal v Mariboru, čeprav je intenzivnost širjenja bila največja v času do začetka 80. let 20. stoletja.

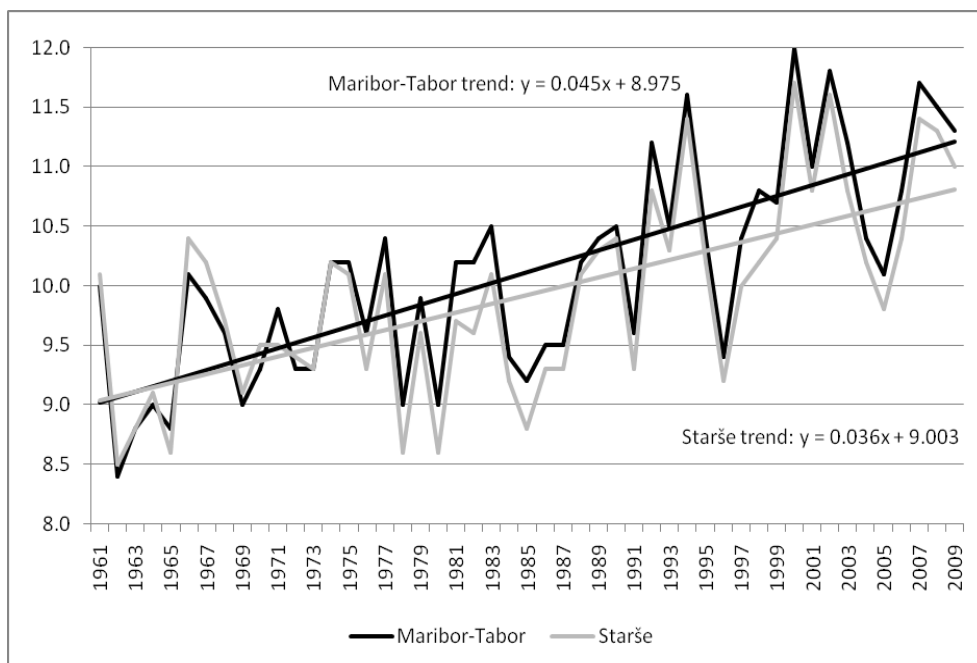


Slika 1: Trendi povprečnih letnih temperatur zraka in petletne drseče sredine letnih temperatur v Mariboru (1876-2010).

Vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; Lastni izračuni.

O vplivu mestnega toplotnega otoka na trende temperatur zraka smo že govorili. V Mariboru lahko izvedemo primerjavo med urbano meteorološko postajo Maribor-Tabor in meteorološko postajo Starše, ki je locirana na Dravskem polju, 12 km jugovzhodno od Maribora in je začela delovati leta 1961. Za slednjo pa je potrebno omeniti, da se je zaradi suburbanizacije predvsem od sredine 90. let 20. stoletja vendarle kažejo tudi precej omiljeni antropogeni vplivi (Žiberna 2006), vendar ti v obravnavanem obdobju še niso moteči. Starše tako v naši analizi predstavljajo neke vrste »ozadje« v kateri se »šum«, ki nastane zaradi součinkovanja vpliva globalnih temperaturnih trendov in vplivov mestnega toplotnega otoka dajo razločiti.

Primerjava trendov povprečnih letnih temperatur zraka kaže, da so te seveda hitreje naraščale v Mariboru in sicer s stopnjo $0,45^{\circ}\text{C}/10$ let, v Staršah pa je ta trend znašal $0,36^{\circ}\text{C}/10$ let. Groba ocena torej kaže, da je v zadnje pol stoletja prispevek mestnega toplotnega otoka na trend reda velikosti $0,09^{\circ}\text{C}/10$ let (Slika 2).

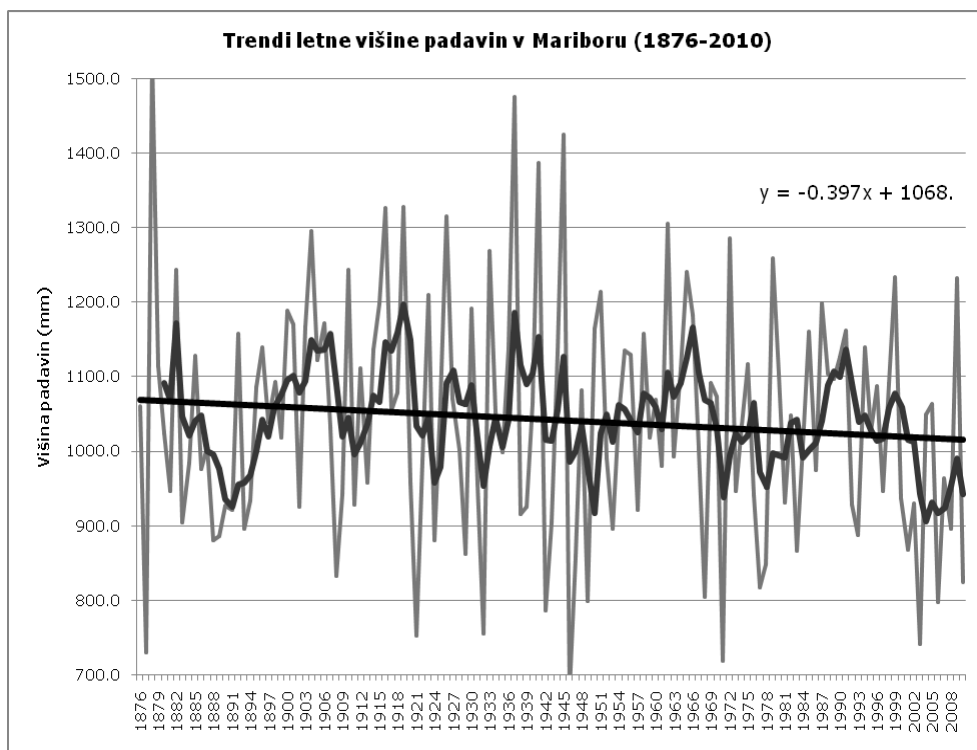


Slika 2: Povprečne letne temperature zraka na meteoroloških postajah Maribor-Tabor in Starše (1961-2009).

Vir: Žiberna, 2006.

4. Trendi višine padavin, evapotranspiracije in vodne bilance

Trendi višine padavin so manj signifikantni od temperaturnih trendov. V Mariboru zaradi lege na robu subpanonskega podnebnege tipa pade letno manj padavin kot v osrednji in zahodni Sloveniji. Povprečna letna višina padavin v obdobju 1876-2010 je znašala 1041,9 mm. Najbolj namočeni so poletni meseci (junij 121,6 mm), ko so padavine konvektivnega nastanka. Sekundarni maksimum padavin se pojavlja v oktobru (95,5 mm) in novembru (84,2 mm), ko je izvor padavin povezan z intenzivnejšo ciklogenezno v Genovskem zalivu. Tudi v Mariboru v obravnavanem obdobju beležimo trend upadanja povprečne letne višine padavin in sicer s stopnjo 39,8 mm/100 let. Trendi niso signifikantni, saj znaša standardni odklon povprečne letne višine padavin v obravnavanem obdobju 160,2 mm. Tudi trendi višine padavin po sezonah niso signifikantni in so vsi nižji od standardnega odklona. V zimskih mesecih višina padavin celo rahlo narašča (1,35 mm/100 let), v ostalih sezonah pa pada: spomladi s stopnjo 34,23 mm/100 let, poleti s stopnjo 3,54 mm/100 let in jeseni s stopnjo 15,72 mm/100 let. Potencialna evapotranspiracija na letni ravni znaša 772,4 mm, najvišja pa je seveda poleti (385,1 mm), sledita jesen (185,6 mm) in pomlad (185,1 mm), najnižja pa je pozimi (16,5 mm). Zaradi višanja temperatur se potencialna evapotranspiracija viša in sicer na letni ravni s stopnjo 200,7 mm/100 let. Med sezonami je trend potencialne evapotranspiracije najvišji poleti (95,43 mm/100 let), sledijo pa pomlad (53,53 mm/100 let), jesen (42,51 mm/100 let) ter zima (9,55 mm/100 let).



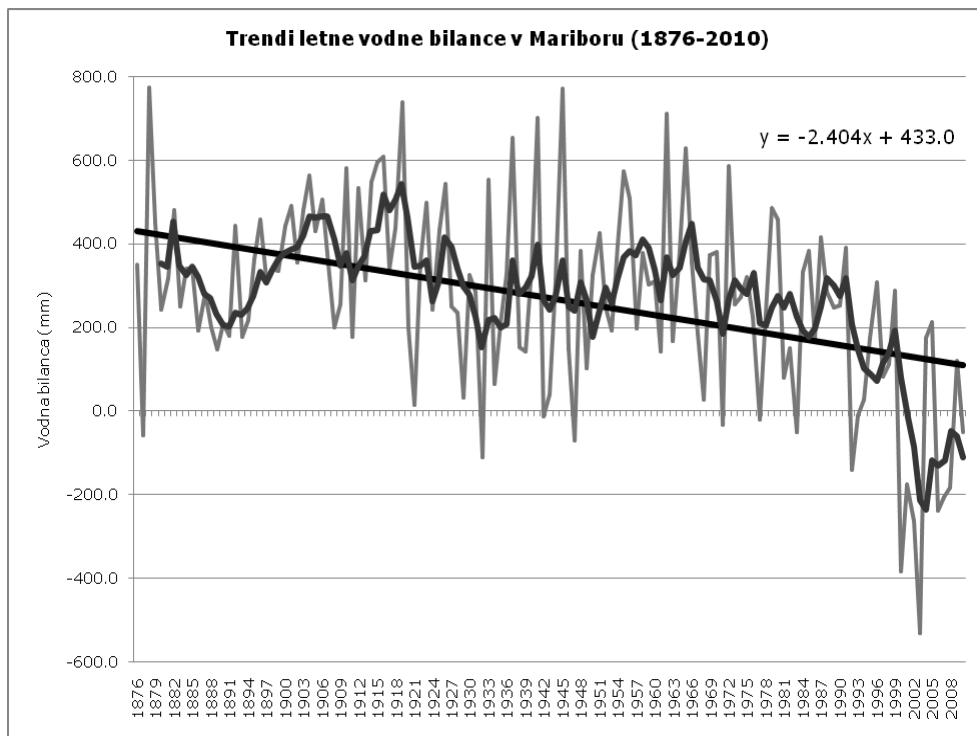
Slika 3: Trendi letne višine padavin v Mariboru (1876-2010).

Vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; Lastni izračuni.

Razlika med višino padavin in potencialno evapotranspiracijo je v Mariboru zaradi subpanonskih podnebnih značilnosti večja kot v osrednji Sloveniji. Če je Ljubljana v obravnavanem obdobju beležila presežek padavin nad evapotranspiracijo v višini 609,5 mm, je ta presežek na letnem nivoju v Mariboru le še 269,5 mm. V Ljubljani so vse sezone in vsi meseci razen julija beležili presežek padavin nad evapotranspiracijo. V Mariboru je situacija precej drugačna. Vse sezone razen zime v obravnavanem obdobju beležijo primanjkljaj vlage. Najvišji primanjkljaj se pojavlja poleti (-258,5 mm), nato spomladi (-100,0 mm) in jeseni (-86,0 mm). V zimi je zaznati presežek vlage v višini 38,9 mm. Stanje je z vidika kulturnih rastlin izrazito neugodno, saj se deficiti vlage pojavljajo ravno v fenofazah rasti, ko rastline potrebujejo največ vlage. Tudi trendi vodne bilance so izrazito neugodni. V obdobju 1876-2010 se je ta nižala s stopnjo -240,45 mm/100 let. To pomeni, da se je enem stoletju povprečna letna višina padavin znižala za okoli 25 %, oziroma, da smo »izgubili« dva najbolj namočena meseca, kar je z vidika oskrbe z vodo in potreb za kulturne rastline izrazito neugodno. Za razliko od nekaterih žitaric (pšenica, ječmen), ki jih požanjemo že na začetku julija, pa se nekatere druge kulturne rastline, predvsem koruza, ki je v osrednji Sloveniji pogosta, ravno v obdobju primanjkljaja vlage nahajajo v fenofazah rasti, torej fazah, ko so njihove potrebe po vlagi največje. Dodatno k neugodnim razmeram botruje dejstvo, da se večina njivskih površin nahaja na plitvih do srednjeglobokih tleh na prdu in pesku, kjer meteorna voda zelo hitro odteče v večje globine in kot taka ni več na voljo koreninskemu sistemu rastlin (Kajfež-Bogataj, Bergant 2005, 38-39). Prepolovljeni trendi nastopajo v jesenskih (-67,29 mm/100 let) ter spomladanskih mesecih (-

65,58 mm). Trend vodne bilance v zimskih mesecih je zelo neizrazit (-0,71 mm/100 let).

Trendi vodne bilance so najvišji v poletnih mesecih (-56,41 mm/100 let) in spomladi (-46,60 mm/100 let). Med meseci vsi razen decembra beležijo negativne trende vodne bilance. Ti so najvišji maja (-42,60 mm/100 let), aprila (-34,31 mm/100 let), julija (-31,53 mm/100 let) in junija (-30,37 mm/100 let). Klimatska suša v severovzhodni Sloveniji postaja torej že neke vrste »normalno« stanje. Sušna leta so se pojavljala že v preteklih obdobjih: leta 1877 je bila vodna bilanca -57,9 mm, leta 1932 -110,8 mm, 1942 -13,9 mm, 1947 -69,7 mm, 1971 -33,3 mm, 1977 -20,8 mm in leta 1983 -50,2 mm. Leta 1992 je bila vodna bilanca -141,0 mm, po letu 1999 pa klimatska suša v Mariboru ni pojavila le leta 2004 in 2010, v ostalih letih pa je vodna bilanca znašala vedno pod -200 mm, leta 2000 – 382,9 mm, leta 2003 pa celo -531,1 mm, kar je rekordni deficit zabeležen v času instrumentalnih meritev v Mariboru.



Slika 4: Trendi letne vodne bilance v Mariboru (1876-2010).

Vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; Lastni izračuni.

6. Zaključek

Meritve meteoroloških elementov v Sloveniji potekajo od sredine 19. stoletja naprej. V Mariboru so razpoložljivi podatki od leta 1876 naprej. Lokacije meteoroloških postaj v Mariboru so se v celotnem obravnavanem obdobju spreminjale. Največji vpliv mesta je opaziti predvsem zaradi širjenja pozidanih površin v okolici

opazovalnega prostora, čemur smo na obeh postajah priča v drugi polovici 20. stoletja naprej. V Mariboru so se v obravnavanem obdobju povprečne letne temperature višale s stopnjo 1,195°C/100 let. Trendi pa niso le posledica globalnih podnebnih sprememb, pač pa tudi čedalje intenzivnejšega pojava mestnega toplotnega otoka. Vendar pa ta vpliv predstavlja manjši prispevek k dvigu temperatur, kar je tudi dokazano na primeru primerjave med Mariborom in Staršami. V Mariboru so se v obravnavanem obdobju najbolj ogrele zime in sicer s stopnjo 1,37°C/100 let. Prav tako je mogoče zaznati rahel padec višine padavin, vendar trendi niso signifikantni. V Mariboru so se letne višine padavin zniževale s stopnjo 39,75 mm/100 let. Zaradi višanja temperatur se viša potencialna evapotranspiracija. Posledica tega je, da se razlika med padavinami in potencialno evapotranspiracijo manjša. Vodna bilanca v Mariboru se je nižala z dinamiko 240,45 mm/100 let. Taki trendi so zaskrbljujoči predvsem v severovzhodni Sloveniji, kjer v spomladanskih in poletnih mesecih deficit vlage čedalje pogosteje predstavlja običajno stanje. Deficiti vlage so se v zadnjih desetletjih stopnjevali. V Mariboru (in na območju celotne severovzhodne Slovenije) v zadnjih letih beležimo rekordne izpade padavin, po letu 2000 sta bili le dve leti s suficitom vlage.

Literatura

- Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2011, Ljubljana.
- Borroughs, W.J. 2007: *Climate Change, A Multidisciplinary Approach*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Houghton, J. 2009: *Global Warming, Complete Briefing*. Cambridge University Press, Cambridge.
- <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml>
- Kajfež – Bogataj, L., Bergant, K., 2005: *Podnebne spremembe v Sloveniji in suša, Ujma*, 19, Ljubljana.
- Lamb, H.H. 1995: *Climate History And The Modern World*, Routledge, London.
- Linacre, E. 1992: *Climate Data And Resources, A Reference And Guide*. Routledge, London.
- Povše, M. 1984: *Imenik ali seznam krajev z vremenskimi postajami v SR Sloveniji in s kronološkim pregledom dosedanjih meteoroloških opazovanj*, Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana.
- Plut, D. 2010: *Geografija sonaravnega razvoja*, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Srebrenović, D. 1986: *Primijenjena hidrologija*, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Žiberna, I. 1996: *Mestna Klima Maribora*. Doktorska disertacija, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- Žiberna, I. 2006: *Trendi temperatur zraka v Mariboru kot posledica razvoja mestnega toplotnega otoka*. Revija za geografijo, Filozofska fakulteta. Maribor.

TEMPERATURE, PRECIPITATION AND WATER BALANCE TRENDS IN MARIBOR IN THE PERIOD 1876 – 2010

Summary

Average annual temperatures in Maribor were rising in the above mentioned period with the level of 1,195 degrees Celsius/100 years. Trends are not just the consequence of global climate changes, but also of more and more intensive phenomenon of urban heat island. However, this influence represents smaller contribution to the rise of temperature, what has also been proved on the example of comparison between Maribor and Starše. In the above mentioned period we had to do with the warmest winters with the level of 1, 37 degrees Celsius/100 years in Maribor. There was also possible to perceive a slight fall of precipitation altitude, although these trends are not significant. In Maribor the annual precipitation altitude was falling with the level of 39, 75 mm/100 years. Owing to temperature rising there is also rising of potential evapotranspiration. The consequence of this is that the difference between precipitation and potential evapotranspiration is smaller. Water balance in Maribor decreased with the dynamics of 240, 45 mm/100 years. Such trends cause a serious problem primarily in the north – eastern part of Slovenia, in which moisture deficiency in spring and summer months more and more often represents usual situation. Moisture deficiencies have been intensified in the last decades. In Maribor (and also within range of the whole north – eastern part of Slovenia) a record – breaking precipitation deficiency has been registered in the last years and after the year 2000 there have been just two years with moisture sufficiency.